جزوه بارگذاری (ویژه آزمون محاسبات)

۱- مقدمه ۳

۲- کلیات ۴

۳- فشار خاک ۶

۴- بار زنده ۷

۴-۱- بار زنده گسترده ۸

۴-۲- بار زنده گسترده تیغه بندی ۹

۴-۳- بارگذاری زنده گسترده شطرنجی ۹

۴-۴- بار زنده متمرکز ۱۰

۴-۵- بار ضربه ای ۱۰

۴-۶- کاهش بار زنده ۱۱

۴-۷- بار جرثقیل ۲۱

۵- بار سیل ۲۲

۶- بار برف ۲۷

۶-۱- مفاهیم ۲۷

۶-۲- بار برف زمین ۲۹

۶-۳- بار برف متوازن ۳۰

۶-۴- بار برف حداقل ۳۱

۶-۵- بارگذاری جزئی ۳۱

۶-۶- بارگذاری نامتوازن ۳۲

۶-۷- انباشت برف ۳۸

۶-۸- بالاآمادگی و دست انداز بام ۴۰

۶-۹- برف لغزنده ۴۱

۷- بار باران ۴۳

۸- بار یخ ۴۵

۹- بار باد ۴۶

۹-۱- مفاهیم اولیه ۴۶

۹-۲- روش محاسبه بار باد ۴۹

۹-۳- ارتفاع مبنا ۵۰

۹-۴- ضریب بادگیری ۵۱

۹-۵- ضریب اثر جهشی باد ۵۳

۹-۶- ساختمانهای کوتاه (اعضای اصلی)..... ۵۴
۹-۷- ساختمانهای کوتاه- دیوارها (پوسته، نما و اعضای ثانویه)..... ۵۵
۹-۸- ساختمانهای کوتاه- سقف با شیب کم (پوسته، نما و اعضای ثانویه)..... ۵۶
۹-۹- ساختمانهای کوتاه- سقف تک دهانه با شیب بالا (پوسته، نما و اعضای ثانویه)..... ۵۷
۹-۱۰- ساختمانهای کوتاه- سقف چند دهانه با شیب بالا (پوسته، نما و اعضای ثانویه)..... ۵۸
۹-۱۱- ساختمانهای بلند..... ۶۱
۹-۱۲- محاسبه فشار داخلی بار باد..... ۶۳
۹-۱۳- بار گذاری جزئی..... ۶۴
۹-۱۴- موارد خاص..... ۶۵
۱۰- بار انفجار..... ۷۱

۱-مقدمه

داوطلب گرامی ضمن آرزوی پیروزی برای شما قبل از استفاده از جزوه مطالب زیر را مطالعه بفرمایید:

- ✓ این جزوه جهت تدریس سرکلاسی و افزایش سرعت تدریس تهیه شده و بنابراین کامل نیست.
- ✓ جزوه در فرصت های مناسب ویرایش و کامل تر خواهد شد (تاریخ ویرایش جزوه در قسمت فوقانی صفحات درج شده است).
- ✓ استفاده از جزوه با ذکر منبع آن (www.hoseinzadeh.net) بلامانع است.
- ✓ مسلما جزوه خالی از اشتباه نیست. در صورتی که به اشتباهی برخوردید، ممنون می شوم که از طریق سایت اطلاع دهید تا در ویراش بعدی اصلاح شود.
- ✓ علاوه بر این جزوه، مطالب مفید دیگر را می توانید از سایت اینجانب (www.hoseinzadeh.net) دانلود نمایید.

حسین زاده اصل

۱۳۹۳/۱۰/۲۱

۲-کلیات

۶-۱ کلیات

۶-۱-۵ گروه‌بندی ساختمان‌ها و سایر سیستم‌های سازه‌ای

۶-۱-۵-۱ گروه‌بندی خطرپذیری

ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها باید بنا بر میزان خطرپذیری جانی، سلامت و رفاهی که بر اساس میزان آسیب یا خرابی و با توجه به کاربری آنها مطابق جدول ۶-۱-۱ تعیین می‌شود، برای اعمال بار سیل، باد، برف، زلزله و یخ دسته‌بندی گردند. به هر ساختمان یا سیستم سازه‌ای بایستی بالاترین گروه خطرپذیری ممکن اختصاص یابد. حداقل نیروهای طراحی برای سازه‌ها باید براساس ضرایب اهمیت ارائه شده در جدول ۶-۱-۲ که از آن در سایر فصول این مبحث استفاده شده، تعیین گردد. اختصاص گروه‌های خطرپذیری مختلف به یک ساختمان یا سیستم سازه‌ای برای انواع مختلف شرایط بارگذاری (برای نمونه، باد یا زلزله) امکان‌پذیر است.

جدول ۶-۱-۱ گروه‌بندی خطرپذیری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها برای بار سیل، باد، برف، زلزله و یخ

گروه خطرپذیری	نوع کاربری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها
۱	ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که به عنوان تاسیسات ضروری طراحی می‌گردند و وقفه در بهره‌برداری از آن‌ها به طور غیرمستقیم موجب افزایش تلفات و خسارات می‌شود مانند بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها، مراکز و تاسیسات آبرسانی، نیروگاه‌ها و تاسیسات برق‌رسانی، برج‌های مراقبت فرودگاه‌ها، مراکز مخابرات، رادیو و تلویزیون، تاسیسات انتظامی، مراکز کمک رسانی و به طور کلی تمام ساختمان‌هایی که استفاده از آنها در امداد و نجات موثر باشد. ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها و تاسیسات صنعتی که خرابی آن‌ها موجب انتشار گسترده مواد سمی و مضر برای محیط زیست در کوتاه‌مدت یا دراز مدت خواهد گردید. هرگونه ساختمان یا تاسیساتی که سازنده، پردازنده، فروشنده یا ترتیب دهنده مقادیری از مواد شیمیایی یا زباله‌های بسیار خطرناک با توجه به ضوابط قانونی موجود باشند که انتشار این مواد منجر به خطری برای عموم شود، مشمول این گروه خطرپذیری می‌باشد. سایر ساختمان‌ها و سیستم‌های سازه‌ای که برای حفظ عملکرد ساختمان‌های گروه خطرپذیری ۱ موردنیاز می‌باشند.
۲	ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که خرابی آن‌ها منجر به تلفات جانی قابل توجه شود مانند مدارس، مساجد، استادیوم‌ها، سینما و تئاترها، سالن‌های اجتماعات، فروشگاه‌های بزرگ، ترمینال‌های مسافری، یا هر فضای سرپوشیده‌ای که محل تجمع بیش از ۳۰۰ نفر زیر یک سقف باشد. ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که جزو موارد گروه خطرپذیری ۱ نمی‌باشند لکن خرابی آن‌ها خسارت اقتصادی قابل توجهی داشته یا باعث از دست رفتن ثروت ملی می‌گردد مانند موزه‌ها، کتابخانه‌ها و به طور کلی مراکزی که در آنها اسناد و مدارک ملی و یا آثار پر ارزش نگهداری می‌شود. ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها و تاسیسات صنعتی که جزو موارد گروه خطرپذیری ۱ نمی‌باشند لیکن خرابی آن‌ها موجب آلودگی محیط زیست و یا آتش سوزی وسیع می‌شود مانند پالایشگاه‌ها، مراکز گازرسانی، انبارهای سوخت و یا هرگونه ساختمان یا تاسیساتی که سازنده، پردازنده، فروشنده یا ترتیب‌دهنده مقادیری از موادی مانند سوخت‌های خطرناک، موادشیمیایی خطرناک، زباله‌های خطرناک و یا مواد منفجره باشند که با توجه به ضوابط قانونی موجود، انتشار گسترده این مواد سمی و مضر منجر به خطری برای عموم نمی‌شود (مطابق بند۶-۱-۵-۳).
۳	کلیه ساختمان‌ها و سازه‌های مشمول این مبحث که جزو ساختمان‌های عنوان شده در سه گروه خطرپذیری دیگر نباشند مانند ساختمان‌های مسکونی، اداری و تجاری، هتل‌ها، پارکینگ‌های طبقاتی، انبارها، کارگاه‌ها، ساختمان‌های صنعتی و غیره.
۴	ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که خرابی آن‌ها منجر به تلفات جانی و خسارات مالی نسبتاً کم خواهد شد مانند انبارهای کشاورزی و سالن‌های مرغداری. ساختمان‌ها و سایر سازه‌های موقتی که مدت بهره برداری از آن‌ها کمتر از دو سال است.

۶-۱-۵-۲ گروه‌های خطرپذیری گوناگون

در صورتی که ساختمان یا سایر سیستم‌های سازه‌ای به قسمت‌هایی با سیستم‌های سازه‌ای مستقل تقسیم شده باشد، گروه‌بندی هر قسمت می‌تواند به صورت مستقل از هم انجام شود. در صورتی که سیستم‌های ساختمانی مانند خروجی‌های مورد نیاز، تاسیسات مکانیکی، یا موتور الکتریکی برای یک قسمت نیاز به گروه خطرپذیری بالاتری داشته باشد و وابسته به قسمت‌های دیگری از ساختمان که گروه خطرپذیری پایین‌تری دارند باشد، برای این قسمت‌ها نیز باید گروه خطرپذیری بالاتر درنظر گرفته شود.

۶-۱-۵-۳ مواد شیمیایی خطرناک، بسیار خطرناک و منفجره

ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که محل نگهداری مواد شیمیایی و سمی خطرناک و بسیار خطرناک یا مواد منفجره می‌باشند، در صورتی می‌توانند در گروه خطرپذیری ۳ دسته‌بندی گردند که بتوانند با ارائه ارزیابی خطر انجام شده، به عنوان بخشی از برنامه جامع مدیریت خطرپذیری، به مرجع رسمی ساختمان نشان دهند که انتشار این مواد به اندازه و درجه‌ای نخواهد بود که منجر به ایجاد خطر برای عموم شود.

برای کاهش گروه خطرپذیری لازم است مالک یا بهره‌بردار ساختمان‌ها یا سایر سازه‌های دارای مواد شیمیایی و سمی خطرناک و بسیار خطرناک یا مواد منفجره، برنامه جامع مدیریت خطرپذیری ارائه نماید که شامل حداقل سه بخش ارزیابی خطر، برنامه پیشگیری از خطر و برنامه پاسخ اضطراری باشد. به عنوان یک حداقل، ارزیابی خطر بایستی شامل گزارش بدترین سناریوی انتشار مواد موردنظر برای هر سازه به همراه ارائه اثرات بالقوه حاصله بر روی عموم جامعه باشد. به عنوان یک حداقل، بدترین حادثه محتمل بایستی شامل خرابی کامل (همزمان با انتشار تمام محتویات) یک مخزن، سیستم لوله‌ای، یا سایر وسایل، المان‌ها و سازه‌های ذخیره‌کننده باشد. بدترین حادثه محتمل حداقل بایستی شامل انتشار مواد در طی طول دوره طراحی برای باد یا زلزله باشد. در این ارزیابی، بررسی میزان موثر بودن عوامل ثانویه برای کاهش اثرات حادثه نیز بایستی برمبنای فرض خرابی کامل منبع ذخیره اولیه انجام شود. اثرات خارج سایت بایستی بر اساس میزان جمعیت موجود در نواحی با پتانسیل آسیب تعریف شود. برای دستیابی به کاهش گروه خطرپذیری لازم است ارزیابی خطر انجام شده نشان دهد که انتشار مواد موردنظر در اثر وقوع بدترین حادثه ممکن منجر به خطر برای عموم و محیط زیست خارج از محدوده تاسیسات موردنظر نخواهد شد.

به عنوان یک حداقل، برنامه پیشگیری از خطر باید شامل تمامی المان‌های پروسه جامع مدیریت ایمنی به نحوی که پیشگیری از حوادث با اعمال کنترل‌های مدیریتی بر نواحی کلیدی طراحی، ساخت، عملیات و نگهداری انجام شود. مخازن ثانویه مواد شیمیایی و سمی خطرناک و بسیار خطرناک یا مواد منفجره (شامل، البته نه محدود به، تانک آب با دیوار دوبل، موانع آب‌بند با ظرفیت کافی برای جلوگیری از ریزش مواد به هوا، خاک، آب زیرزمینی و سطحی) می‌توانند برای برنامه کاهش خطر انتشار مواد استفاده شوند. در صورتی که مخازن ثانویه تامین شده باشد، آن‌ها باید برای تمام بارهای محیطی طراحی شوند. در نواحی مستعد طوفان و گردباد، اجرای روش‌هایی که قابلیت کنترل موثر اثرات باد بر عناصر سازه‌ای جهت جلوگیری از انتشار مواد حین و بعد از طوفان را داشته باشد، الزامی است.

جدول ۶-۱-۲ ضریب اهمیت مربوط به گروه‌بندی خطرپذیری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها برای بارهای باد، برف، یخ و زلزله

گروه خطرپذیری مطابق جدول ۶-۱-۱	ضریب اهمیت بار لرزه‌ای، I_e	ضریب اهمیت بار باد، I_w	ضریب اهمیت بار یخ I_i	ضریب اهمیت بار برف، I_s
۱	۱٫۴	۱٫۲۵	۱٫۲۵	۱٫۲
۲	۱٫۲	۱٫۱۵	۱٫۲۵	۱٫۱
۳	۱	۱	۱	۱
۴	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸

به عنوان یک حداقل، برنامه پاسخ اضطراری شامل اطلاع‌رسانی عمومی، آمادگی اورژانس پزشکی برای آسیب‌های انسانی و روش‌هایی برای پاسخ اضطراری به انتشار مواد به صورت متناوب به خارج از محدوده تاسیسات می‌باشد. این برنامه باید شامل منابعی جهت ایجاد پتانسیل کشف عوامل ایجاد کننده حادثه نیز باشد.

۶-۲-۳-۲ ترکیب بارهای حالت‌های حدی نهایی در طراحی ساختمان‌های بتن‌آرمه

۱) $1.25D+1.5L+1.5(L_r$ یا S یا $R)$
۲) $D+1.2L+1.2(L_r$ یا S یا $R)+1.2(W$ یا $0.7E)$
۳) $0.85D+1.2(W$ یا $0.7E)$
۴) $1.25D+1.5L+1.5(L_r$ یا S یا $R)+1.5(H$ یا $0.84F)$
۵) $0.85D+1.5(H$ یا $0.84F)$
۶) $D+1.2L+1.2(L_r$ یا $S)+T$
۷) $1.25D+1.5T$

- برای کاربری‌هایی که بار L_o آن‌ها کمتر از ۵ کیلونیوتن بر مترمربع است، به استثناء بام، کف پارکینگ‌ها یا محل‌های اجتماع عمومی، ضریب بار مربوط به L را می‌توان برابر با ۰٫۶ برای ترکیب بار شماره ۲، و ۰٫۷۵ برای ترکیب بار شماره ۴ منظور نمود.
- در شرایطی که اثر بار زنده در هریک از ترکیب بارها کاهش دهنده باشد، این اثر می‌بایست معادل صفر منظور گردد.
- در طراحی سازه‌های پیش تنیده اثر پیش تنیدگی باید مانند اثر بار مرده در ترکیب بارها وارد شود.
- بیشترین اثرات نامطلوب ناشی از بارهای باد و زلزله باید مورد ارزیابی قرار گیرد، ولی نیازی نیست که اثر آن‌ها به طور همزمان بر سازه منظور شود. در هر حال باید ضوابط شکل‌پذیری لرزه‌ای مبحث نهم مقررات ملّی ساختمان رعایت گردد.
- اثرات یک یا چند بار که امکان وارد نشدن آن‌ها بر سازه وجود دارد، باید در ترکیب بارها بررسی گردد.
- اگر سازه در محل با احتمال وقوع سیل واقع شود، علاوه بر ترکیب‌های ارائه شده، باید دو ترکیب بار اضافی با جایگزینی $1.2W+2.0F_a$ به جای $1.2W$ در ترکیب‌های ۲ و ۳ نیز در نظر گرفته شود.

۶-۲-۳-۴ ترکیب بارها در طراحی به روش تنش مجاز

۱) D
۲) $D+L$
۳) $D+(L_r$ یا S یا $R)$
۴) $D+0.75L+0.75(L_r$ یا S یا $R)$
۵) $D+[0.6(1/4W)$ یا $0.7E]$
۶) $D+0.75L+0.75[0.6(1/4W)]+0.75(L_r$ یا S یا $R)$
۷) $D+0.75L+0.75(0.7E)+0.75S$
۸) $0.6D+0.6(1/4W)$
۹) $0.6D+0.7E$
۱۰) $1.0D+1.0T$
۱۱) $1.0D+0.75[L+(L_r$ یا $S)+T]$

- در طراحی سازه‌های پیش تنیده، اثر پیش تنیدگی باید مانند اثر بار مرده در ترکیب بارها وارد شود.
- بیشترین اثرات نامطلوب ناشی از بارهای باد و زلزله باید مورد ارزیابی قرار گیرد، ولی نیازی نیست که اثر آن‌ها به طور همزمان بر سازه منظور شود. در هر حال باید ضوابط شکل‌پذیری لرزه‌ای رعایت گردد.
- افزایش تنش مجاز در ترکیب بارهای ارائه شده در این مبحث نباید انجام شود.
- در مواردی که بار سیال F بر سازه وارد می‌شود، اثر این بار باید با ضریب باری همانند ضریب بار مرده D در ترکیب بارهای ۱ تا ۷ و ۹ منظور شوند.
- در صورت وجود فشار جانبی خاک، فشار آب زیرزمینی و یا فشار مواد انباشته شده، H، اثر آن‌ها را باید به صورت زیر منظور نمود:

۱- اگر اثر این بار در جهت افزودن به اثرات دیگر متغیرهای اصلی بارگذاری باشد، اثر بار H باید با ضریب ۱٫۰ در ترکیب بارها منظور شود،

۲- اگر اثر این بار در جهت کاهش اثرات دیگر متغیرهای اصلی بارگذاری باشد، در صورت وجود دائمی بار H، اثر آن باید با ضریب ۰٫۶ در ترکیب بارها منظور شود و در بقیه موارد باید از اثر بار H صرفنظر شود.

- زمانی‌که سازه در محدوده وقوع سیل واقع شده است، علاوه بر ترکیب بارهای ارائه شده در بالا، باید عبارت $1.5F_a$ به ترکیب بارهای ۵ تا ۸ اضافه شده و ضریب بار E در ترکیب بارهای ۵ و ۷ برابر با صفر منظور شود.
- در صورتی‌که سازه تحت اثر بارهای یخ جوی و بار باد وارده بر یخ قرار گیرد، ترکیب بارهای زیر در طراحی سازه باید منظور شود:

۱- عبارت $0.7D_i$ باید به ترکیب بار شماره ۲ اضافه شود.

۲- عبارت $(L_r$ یا S یا $R)$ در ترکیب بار شماره ۳ باید با عبارت $0.7D_i+0.7(1/4W_i)+S$ جایگزین شود.

۳- عبارت $0.6(1/4W)$ در ترکیب بار شماره ۸ باید با عبارت $0.7D_i+0.7(1/4W_i)$ جایگزین شود.

۶-۲-۳-۳ ترکیب بارهای حالت‌های حدی مقاومت در طراحی سایر ساختمان‌ها از جمله ساختمان‌های فولادی

۱) $1.4D$
۲) $1.2D+1.6L+0.5(L_r$ یا S یا $R)$
۳) $1.2D+1.6(L_r$ یا S یا $R)+[L$ یا $0.5(1/4W)]$
۴) $1.2D+1.0(1/4W)+L+0.5(L_r$ یا S یا $R)$
۵) $1.2D+1.0E+L+0.2S$
۶) $0.9D+1.0(1/4W)$
۷) $0.9D+1.0E$
۸) $1.2D+0.5L+0.5(L_r$ یا $S)+1.2T$
۹) $1.2D+1.6L+1.6(L_r$ یا $S)+1.0T$

موارد زیر در ترکیب بارهای این بند باید در نظر گرفته شود:

- ضرایب بار مربوط به L در ترکیب بارهای ۳، ۴ و ۵ را برای کاربری‌هایی که بار L_o آنها کمتر از ۵ کیلونیوتن بر مترمربع است، به استثناء کف پارکینگ‌ها یا محل‌های اجتماع عمومی را می‌توان برابر با ۰٫۵ منظور نمود.
- در شرایطی که اثر بار زنده در هریک از ترکیب بارها کاهش دهنده باشد، این اثر می‌بایست معادل صفر منظور گردد.
- در طراحی سازه‌های پیش تنیده، اثر پیش تنیدگی باید مانند اثر بار مرده در ترکیب بارها وارد شود.
- در هر حال باید ضوابط شکل‌پذیری لرزه‌ای رعایت گردد.
- اثرات یک یا چند بار که امکان وارد نشدن آنها بر سازه وجود دارد، باید در ترکیب بارها بررسی گردد.
- در مواردی که بار سیال F بر سازه وارد می‌شود، اثر این بار باید با ضرایب باری همانند ضریب بار مرده D در ترکیب بارهای ۱ تا ۵ و ۷ منظور شوند.
- در صورت وجود فشار جانبی خاک، فشار آب زیرزمینی و یا فشار مواد انباشته شده، H، اثر آن‌ها را باید به صورت زیر منظور نمود:

۱- اگر اثر این بار در جهت افزودن به اثرات دیگر متغیرهای اصلی بارگذاری باشد، اثر بار H باید با ضریب ۱٫۶ در ترکیب بارها منظور شود،

۲- اگر اثر این بار در جهت کاهش اثرات دیگر متغیرهای اصلی بارگذاری باشد، در صورت وجود دائمی بار H، اثر آن باید با ضریب ۰٫۹ در ترکیب بارها منظور شود و در بقیه موارد باید از اثر بار H صرفنظر گردد.

- اگر سازه در محل با احتمال وقوع سیل واقع شود، علاوه بر ترکیب‌های ارائه شده، باید دو ترکیب بار اضافی با جایگزینی $1.4W+2.0F_a$ به جای $1.4W$ در ترکیب‌های ۴ و ۶ نیز در نظر گرفته شود.
- در صورتی‌که سازه تحت اثر بار یخ جوی و بار باد وارده بر یخ قرار گیرد، ترکیب بارهای زیر در طراحی سازه باید منظور شود:

۱- عبارت $(R$ یا S یا $L_r)0.5$ در ترکیب بار شماره ۲ باید با عبارت $0.2D_i+0.5S$ جایگزین شود.

۲- عبارت $(R$ یا S یا $L_r)0.5+1.0(1/4W)$ در ترکیب بار شماره ۴ باید با عبارت $D_i+1.0(1/4W_i)+0.5S$ جایگزین شود.

۳- عبارت $1.0(1/4W)$ در ترکیب بار شماره ۶ باید با عبارت $D_i+1.0(1/4W_i)$ جایگزین شود.

۶-۲-۳-۵ ترکیب بارهای حالت‌های حدی بهره‌برداری

برای حالت‌های بهره‌برداری موضوع بند ۶-۱-۳-۲، باید ترکیب بارهای مناسب بارهای مرده، زنده و سایر بارهای مرتبط با توجه به مباحث طراحی مقررات ملّی ساختمان و یا سایر آیین‌نامه‌های طراحی مربوطه در نظر گرفته شود. در این ترکیب‌ها از بارهای کوتاه مدت نظیر زلزله طرح، باد، سیل، یخ جوی و ... استفاده نمی‌شود. ترکیب بارهای زیر باید برای حالت‌های بهره‌برداری به کار برده شود. در صورتی‌که در مباحث طراحی مقررات ملّی ساختمان و یا سایر آیین‌نامه‌های طراحی مربوطه پیشنهاد استفاده از ضرایب بار کمتر از یک را در ترکیب بارها داده باشد، باید از آن ضرایب به جای یک در ترکیب بارهای زیر استفاده گردد.

۱) D
۲) $D+L$
۳) $D+(L_r$ یا S یا $R)$
۴) $D+L+(L_r$ یا S یا $R)$
۵) $D+T$
۶) $D+L+T+(L_r$ یا $S)$

- در طراحی سازه‌های پیش تنیده، اثر پیش‌تنیدگی باید مانند اثر بار مرده در ترکیب بارها وارد شود.
- در صورت وجود بار سیال، فشار جانبی خاک، فشار آب زیرزمینی و یا فشار مواد انباشته شده، باید اثرات آن‌ها با ضریب یک در ترکیب‌های فوق لحاظ گردد.
- برای زلزله سطح بهره‌برداری به فصل ۱۱ این مبحث مراجعه شود.

۳-فشار خاک

۶-۴ بارهای خاک و فشار هیدرواستاتیکی

۶-۴-۱ کلیات

مطالب مطرح شده در این فصل به عنوان حداقل ضوابط جهت محاسبه بارهای خاک و فشار هیدرواستاتیکی در صورت عدم ارائه بار خاک در گزارش مکانیک خاک می‌باشد. علاوه بر ضوابط این فصل، ضوابط مندرج در مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان نیز باید رعایت گردد.

۶-۴-۲ فشارهای جانبی

در طراحی سازه‌های زیر سطح زمین، باید نیروی فشاری جانبی ناشی از فشار خاک مجاور نیز منظور شود. در صورتی‌که بار خاک در گزارش مکانیک خاک تهیه شده توسط افراد ذیصلاح ارائه نشده باشد، در آن صورت بارهای خاک تعیین شده در جدول ۶-۴-۱ باید به عنوان حداقل بار طراحی منظور شود. چنانچه خاک مجاور سازه در معرض سربارهای ثابت و یا متحرک قرار گیرد، اثر این سربارها باید در محاسبه فشار خاک بر روی دیوار منظور گردد. زمانی‌که کل یا قسمتی از خاک مجاور در زیر سطح آزاد آب زیرزمینی قرار داشته باشد، محاسبات باید بر اساس وزن مخصوص خاک غوطه‌ور به اضافه فشار کامل ایستایی آب زیرزمینی صورت گیرد.

در مواردی‌که در مطالعات ژئوتکنیکی به وجود خاک منبسط شونده در محل اشاره شده باشد، فشار جانبی باید بر اساس نتایج حاصل از آن مطالعات افزایش داده شود.

جدول ۶-۴-۱ بار طراحی جانبی خاک

بار طراحی جانبی خاک[۱] (kN/m^۲ به ازای هر متر عمق)	طبقه‌بندی یکنواخت خاک	شرح مصالح انباشته شده
۵/۵[۲]	GW	شن تمیز خوب دانه‌بندی شده؛ مخلوط شن و ماسه
۵/۵[۲]	GP	شن تمیز بد دانه‌بندی شده؛ مخلوط شن و ماسه
۵/۵[۲]	GM	شن لای‌دار؛ مخلوط شن و ماسه بد دانه‌بندی شده
۷/۰۷[۲]	GC	شن رس‌دار؛ مخلوط شن و رس بد دانه‌بندی شده
۵/۵[۲]	SW	ماسه تمیز خوب دانه‌بندی شده؛ مخلوط شن به همراه ماسه
۵/۵[۲]	SP	ماسه تمیز بد دانه‌بندی شده؛ مخلوط شن و ماسه
۷/۰۷[۲]	SM	ماسه لای‌دار؛ مخلوط ماسه و لای بد دانه‌بندی شده
۱۳/۳۵[۳]	SM-SC	مخلوط ماسه و لای با ریزدانه‌های پلاستیک
۱۳/۳۵[۳]	SC	ماسه لای‌دار و رس‌دار؛ مخلوط ماسه و رس بد دانه‌بندی شده
۱۳/۳۵[۳]	ML	لای و لای رس‌دار غیرآلی
۱۳/۳۵[۳]	ML-CL	مخلوط غیرآلی لای و رس
۱۵/۷۱	CL	رس‌های غیرآلی با پلاستیسیته کم تا متوسط
[۴]	OL	لای‌ها و لای‌های رس‌دار آلی؛ خاک‌های آلی با پلاستیسیته کم
[۴]	MH	لای با پلاستیسیته بالا، رس‌های کشسان
[۴]	CH	رس‌های غیرآلی با پلاستیسیته کم
[۴]	OH	رس‌های آلی و رس‌های لای‌دار

[۱] بار طراحی جانبی خاک ارائه شده برای خاک در شرایط مرطوب و برای چگالی بهینه می‌باشد. شرایط واقعی محل باید منظور شود. فشارهای خاک غوطه‌ور و اشباع شامل وزن خاک شناور به علاوه بارهای هیدروستاتیکی می‌باشد.

[۲] برای دیوارهای نسبتاً صلب، در حالتی‌که توسط کف‌ها مهار شوند، بار جانبی طراحی خاک باید برای خاک‌های شنی و ماسه‌ای تا ۹/۵ kN/m^۲ بر هر متر عمق افزایش یابد. دیوار زیرزمینی که بیشتر از ۲/۴ متر در زیر سطح زمین ادامه نیافته باشد و نیز کف‌هایی با سیستم سبک را نگه می‌دارند، دیوارهای نسبتاً صلب منظور نمی‌شوند.

[۳] برای دیوارهای نسبتاً صلب، در حالتی‌که توسط کف‌ها مهار می‌شوند، بار جانبی طراحی خاک باید برای خاک‌های لای و رسی تا ۱۵/۷ kN/m^۲ بر هر متر عمق افزایش یابد. دیوار زیرزمینی که بیشتر از ۲/۴ متر در زیر سطح زمین ادامه نیافته باشد و نیز کف‌هایی با سیستم سبک را نگه می‌دارند، دیوارهای نسبتاً صلب منظور نمی‌شوند.

[۴] مصالح پرکننده نامناسبی است.

۴-بار زنده

۶-۵-۱ تعاریف

۶-۵-۱-۱ بار زنده: باری غیر دائمی است که در حین استفاده و یا بهره‌برداری از ساختمان و یا سایر سازه‌ها به آنها وارد شود و شامل بارهای حین ساخت و یا بارهای محیطی مانند بار باد، بار برف، بار باران، بار زلزله، بار سیل و یا بارهای مرده نمی‌شود.

۶-۵-۱-۲ بار زنده بام: باری بر روی بام که توسط کارگران، تجهیزات و مصالح در حین انجام تعمیرات بر روی آن بدن وارد شده و یا توسط اشیاء متحرکی چون گلدان و یا لوازم تزئینی کوچک که ارتباطی با استفاده از ساختمان در طول عمر بهره‌برداری آن نداشته باشند، به آن اعمال شود.

۶-۵-۱-۳ فضابند: یک ساختمان و یا قسمتی از آن، که بصورت کامل و یا موضعی خود ایستا بوده و شامل دیوار و سقفی برای جلوگیری از نفوذ حشرات یا نور آفتاب باشد. فضابند از جنس فایبر گلاس، آلومینیم، پلاستیک و یا سایر مصالح سبک توری تشکیل شده، که یک محل در دست استفاده مانند استخر شنا و یا سکوی برگزاری مراسم، و تاسیسات مرتبط با تولیدات باغی و یا کشاورزی را می‌پوشاند.

۶-۵-۱-۴ سیستم حفاظ پارکینگ: سیستمی از قطعات شامل مهارها و ادوات اتصال به سیستم سازه‌ای که مانع از حرکت وسائل نقلیه به سمت لبه‌های بدون حفاظ پارکینگ و یا برخورد آن به دیواره‌های پارکینگ و یا راه عبور وسایل نقلیه می‌شوند.

۶-۵-۱-۵ سیستم دستگیره: یک میله به همراه مهارهای مربوطه و ادوات آن به سیستم سازه‌ای که برای تحمل بار وزن در مکان‌هایی مانند توالت، دوش و وان به کار می‌رود.

۶-۵-۱-۶ سیستم نرده حفاظ: مجموعه‌ای از قطعات شامل مهارها و قطعات اتصال به سیستم سازه‌ای که در نزدیکی لبه‌های باز سطوح برآمده با هدف به حداقل رساندن امکان سقوط مردم و یا تجهیزات و یا مصالح از آن نقاط به کار می‌رود.

۶-۵-۱-۷ سیستم نرده: نرده‌ای که توسط دست برای حفظ تعادل و یا طی مسیر مورد استفاده قرار گرفته و شامل مهارها و اتصالات آن به سیستم سازه‌ای می‌باشد.

۶-۵-۱-۸ نردبان ثابت: نردبانی که به‌طور دائمی به یک سازه، ساختمان و یا تجهیز متصل شده باشد.

سیستم حفاظ نرده

سیستم نرده

۴-۱- بار زنده گسترده

جدول ۶-۵-۱ حداقل بارهای زنده گسترده یکنواخت L_o و بار زنده متمرکز کف‌ها

ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۱	بام‌ها		
۱-۱	بام‌های معمولی تخت، شیب‌دار و قوسی	۱٫۵[۱]	۱٫۳
۱-۲	بام با پوشش سبک	۰٫۵	۱٫۳
۱-۳	بام‌های دارای باغچه و گلخانه	۵	—
۱-۴	بام‌هایی با پوشش پارچه‌ای یا سازه اسکلتی	۰٫۲۵ (غیر قابل کاهش)	۱٫۳
۱-۵	بام‌هایی با امکان تجمع و ازدحام	بسته به نوع کاربری	—
۱-۶	قاب‌های نگهدارنده یک فضابند	۰٫۲۵ (غیر قابل کاهش، فقط به اعضای قابها وارد می‌شود)	۱
۲	سالن‌ها و محل‌های تجمع و ازدحام		
۲-۱	سالن‌های عمومی و محل‌های تجمع دارای صندلی‌های ثابت (چسبیده به کف)	۳[۳]	—
۲-۲	سالن‌های عمومی و محل‌های تجمع فاقد صندلی‌های ثابت	۵[۳]	—
۲-۳	سالن‌های غذاخوری و رستوران‌ها	۵[۳]	—
۲-۴	سینماها و تئاترها	۵[۳]	—
۲-۵	صحنه سینماها و تئاترها	۷٫۵[۳]	—
۲-۶	سالن‌های اجرای مراسم گروهی، اجرای سرود و ...	۷٫۵ [۳]	—
۲-۷	شبستان مساجد و تکایا	۶[۳]	—
۲-۸	سالن انتظار و ملاقات	۵[۳]	—
۲-۹	پایانه‌های مسافربری	۶[۳]	
۳	راهروها، راه پله‌ها[۴] و بالکن‌ها		
۳-۱	راهروهای مراکز تجمع و ازدحام واقع در طبقه همکف (ورودی)	۵	—
۳-۲	راهروهای مراکز تجمع و ازدحام واقع در سایر طبقات	مطابق بار زنده اتاق‌های مجاور	—
۳-۳	راه‌پله و راههای منتهی به دربهای خروجی	۵ [۴و۱۴]	۱٫۳
۳-۴	راه پله اضطراری	۵	۱٫۳
۳-۵	راهرو دسترسی برای امور تعمیر و نگهداری تاسیسات	۲	۱٫۳
۳-۶	بالکن‌ها	۱٫۵ برابر بار زنده کف اتاق‌های متصل به آنها، لازم نیست بیش از ۵ کیلونیوتن بر مترمربع در نظر گرفته شود.	—
۴	ساختمان‌ها و مجتمع‌های مسکونی		
۴-۱	اتاق‌ها و سایر فضاهای خصوصی شامل (سرویس‌ها- انبار- راهروها)	۲	—
۴-۲	اتاق‌های محل تجمع و راهروهای مرتبط با آن	۵	—
۵	هتل‌ها- فروشگاه‌ها		
۵-۱	اتاق‌ها و سایر فضاهای هتل‌ها، مهمانسراها و خوابگاه‌ها	۲	—
۵-۲	فروشگاه‌های کوچک و خرده‌فروشی- طبقه همکف (ورودی)	۵	۴٫۵
۵-۳	فروشگاه‌های کوچک و خرده‌فروشی- کف سایر طبقات	۳٫۵	۴٫۵
۵-۴	فروشگاه‌های عمده‌فروشی- همه طبقات	۶[۳]	۴٫۵
۶	ساختمان‌های آموزشی- فرهنگی و کتابخانه‌ها		
۶-۱	کلاس‌های درس، آزمایشگاه‌های سبک	۲٫۵	۴٫۵
۶-۲	اتاق‌های مطالعه	۳	۴٫۵
۶-۳	مخازن کتاب یا اتاق بایگانی با قفسه‌های ثابت	۲٫۵[۵] به ازای هر متر ارتفاع، حداقل ۷٫۵	۴٫۵
۶-۴	مخازن کتاب یا محل بایگانی با قفسه‌های متحرک	۴ به ازای هر متر ارتفاع، حداقل ۱۰	۷
۶-۵	راهروهای طبقه همکف (ورودی)	۵	۴٫۵
۶-۶	راهروهای سایر طبقات	۴	۴٫۵
۷	ساختمان‌های اداری		
۷-۱	دفاتر کار معمولی	۲٫۵	۹
۷-۲	سالن انتظار و ملاقات- راهروهای طبقه همکف (ورودی)	۴٫۵	۹
۷-۳	راهروهای سایر طبقات	۳٫۵	۹
۸	ساختمان‌های صنعتی		
۸-۱	کارگاه‌های صنعتی سبک	۶ [۳] [۴] [۶]	۹
۸-۲	کارگاه‌های صنعتی متوسط	۱۰ [۲] [۳] [۶]	۱۱
۸-۳	کارگاه‌های صنعتی سنگین	۱۲ [۲] [۳] [۶]	۱۴
۹	ورزشگاه‌ها و تأسیسات تفریحی		
۹-۱	سالن‌های ورزشی سبک مانند تنیس روی میز- بیلیارد و ...	۳٫۵ [۳]	—
۹-۲	سالن‌های ورزشی و تمرینات بدنی	۵[۳]	—
۹-۳	ورزشگاه‌های دارای صندلی ثابت	۵[۳]	—
۹-۴	ورزشگاه‌های فاقد صندلی ثابت یا دارای نیمکت	۶[۳] [۵]	—
۱۰	بیمارستان‌ها و مراکز درمانی		
۱۰-۱	اتاق‌های بیمار	۲	۴٫۵
۱۰-۲	اتاق‌های عمل، آزمایشگاه‌ها	۳	۴٫۵
۱۰-۳	راهروهای طبقه اول	۵	۴٫۵
۱۰-۴	راهروهای سایر طبقات	۴	۴٫۵
۱۱	محل عبور و پارک خودروها		
۱۱-۱	محل عبور و پارک خودروهایی با وزن حداکثر تا ۴۰ کیلونیوتن	۳ [۲] [۳] [۴] [۸]	۲۰
۱۱-۲	محل عبور و پارک خودروهایی با وزن ۴۰ تا ۹۰ کیلونیوتن	۶	۳۰
۱۱-۳	معابر و بخش‌هایی از محوطه با امکان عبور کامیون	۱۲[۹]	۳۶[۱۵]
۱۲	سایر موارد		
۱۲-۱	سردخانه‌ها	۵ به ازای هر متر ارتفاع مفید، حداقل ۱۵	—
۱۲-۲	آشپزخانه‌های صنعتی و رختشوی‌خانه‌ها	۵	—
۱۲-۳	تعبیه انبار سبک در فضای داخل سقف کاذب	۱	—
۱۲-۴	انباری‌های سبک	۶[۲]	—
۱۲-۵	انباری‌های سنگین	۱۲[۲] (۱۰۰ و)	—
۱۲-۶	موتورخانه‌ها	۷٫۵	—
۱۲-۷	اتاق‌های هواساز- پمپ و نظایر آن	۴	—
۱۲-۸	محل فرود بالگرد	۳[۱۱] و (۱۲) و(۱۳)	—
۱۲-۹	کف کاذب در فضاهای اداری	۲٫۵	۹
۱۲-۱۰	کف کاذب برای اتاق‌های کامپیوتر	۵	۹
۱۲-۱۱	اتاق آسانسور	۳٫۶	۱٫۳ (برروی سطحی برابر با ۵۰×۵۰ میلی‌متر وارد شود)
۱۲-۱۲	هرگونه ساختمان دیگر	۱	

۱) چنانچه بار زنده گسترده یکنواخت بام مطابق بخش ۶-۵-۸ به کمتر از ۱ کیلونیوتن بر مترمربع کاهش یافته و برای طراحی اعضای سازه‌ای مورد استفاده شده در تامین یکپارچگی سقف به کار گرفته شود، بار زنده کاهش یافته، باید در دهانه‌های مجاور یا سایر دهانه‌ها به‌صورت یک در میان اعمال شود به نحوی که بیشترین اثر را ایجاد نماید.

۲) اجزاء خرپاها و تیرها (اجزاء اصلی) که برای پوشش سالن‌های صنعتی، پارکینگ‌های تعمیراتی، انبارها ... به‌کار می‌روند باید علاوه بر بارهای زنده وارد به سقف، یک بار متمرکز برابر با ۱۰ کیلونیوتن را بطور موضعی تحمل نمایند. این بار در خرپاها و در تیرها در هر نقطه اختیاری از تیر که بیشترین اثر را ایجاد کند وارد می‌شوند.

۳) کاهش سربار زنده برای این نوع کاربری طبق بخش ۶-۵-۷ مجاز نمی‌باشد مگر اینکه استثنای خاصی در خصوص آن اعمال گردد.

۴) در راه پله‌هایی که در آنها کف پله‌ها به صورت طره‌ای مجزا در نظر گرفته شده‌اند، کف پله‌ها باید برای یک بار متمرکز ۲ کیلونیوتن که در انتهای طره وارد می‌شود طراحی گردند. این بار لزومی ندارد همزمان با بار گسترده یکنواخت اعمال شود.

۵) علاوه بر بارهای قائم، طراحی باید بر اساس بارهای افقی جانبی که به هر ردیف از صندلی‌ها مطابق زیر وارد می‌شود، انجام شود: ۰٫۴ کیلونیوتن بر متر طول در راستای موازی ردیف صندلی‌ها و ۰٫۱۵ کیلونیوتن در راستای عمود بر ردیف صندلی. نیازی به اعمال همزمان این دو بارگذاری نمی‌باشد.

۶) کف‌های تعمیرگاه‌ها، کارخانجات، کارگاه‌های صنعتی و فضاهایی از این قبیل که دارای تجهیزات و یا کاربری‌های خاص می‌باشند، باید برای بار زنده متناسب با کاربری خود طراحی شوند.

۷) کف پارکینگ‌ها و یا بخش‌هایی از یک ساختمان که برای پارک وسیله نقلیه مورد استفاده قرار می‌گیرد، براساس بار زنده گسترده یکنواخت ارائه شده در جدول ۶-۵-۱ و بارهای متمرکز زیر طراحی می‌شوند اما لازم نیست این دو بار به طور همزمان اعمال شوند:

الف) در خصوص پارکینگ‌هایی برای خودروهای با ظرفیت کمتر از ۹ نفر، براساس یک نیروی متمرکز ۱۳٫۵ کیلونیوتن اعمال شده بر روی یک سطح ۱۲۰ × ۱۲۰ میلی‌متر.

ب) برای پارکینگ‌های مکانیزه بدون دال یا سقف که جهت پارک خودروهای سبک (شخصی) به کار می‌روند، براساس بار ۱۰ کیلونیوتن به ازای هر چرخ.

۸) بارگذاری کف‌ها برای عبور کامیونت، کامیون یا اتوبوس با وزن بیش از ۴۰ کیلونیوتن باید بر طبق آیین‌نامه بارگذاری پل‌ها، نشریه شماره ۱۳۹ دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور طراحی می‌شوند.

۹) سایر بارهای یکنواخت مطابق روش تأیید شده‌ای که دربر دارنده ضوابط بارگذاری کامیون‌ها می‌باشد به صورت مناسب لحاظ گردد.

۱۰) بار گسترده یکنواخت کف انبارها باید براساس جداول پیوست شماره ۶-۱ تعیین گردد. چنانچه وضع مواد انبار شونده روشن نباشد، این بار باید با تخمین نوع انبار و مقایسه آن با جداول پیوست شماره ۶-۱، برابر با مقادیر پیشنهاد شده در آن جدول در نظر گرفته شود. این بار در هر صورت نباید کمتر از ۷٫۵ کیلونیوتن بر مترمربع در نظر گرفته شود.

۱۱) بار زنده کف جایگاه بالگردهایی با وزن کمتر از ۱۴ کیلونیوتن (در هنگام برخاستن)، ۲ کیلونیوتن بر مترمربع در نظر گرفته شود. این بار قابل کاهش نیست. وزن و ظرفیت بالگرد باید توسط مرجع ذیصلاح اعلام شود.

۱۲) دو بار متمرکز منفرد به فاصله ۲/۴۵ متر باید به کف جایگاه (محل قرارگیری چرخ‌ها) اعمال گردد. مقدار هر یک از این بارها برابر ۷۵٪ وزن بالگرد در هنگام برخاستن می‌باشد. محل قرار گیری این دو باید طوری باشد که بیشترین اثر را بر سازه وارد نماید. این بارها باید در سطحی به ابعاد ۲۰۰ × ۲۰۰ میلی‌متر وارد شده و نباید با سایر بارهای زنده متمرکز و گسترده همزمان وارد شود.

۱۳) یک بار متمرکز منفرد با مقدار ۱۳٫۵ کیلونیوتن در سطحی به ابعاد ۱۲۰ × ۱۲۰ میلی‌متر در محلی که بیشترین اثر را در عضو ایجاد کند، اعمال گردد. نیازی به در نظرگیری همزمان این بار با سایر بارهای زنده گسترده و متمرکز نمی‌باشد.

۱۴) بار متمرکز پله‌ها در سطحی به ابعاد ۵۰ × ۵۰ میلی‌متر و بصورت غیرهمزمان با بارهای یکنواخت اعمال شود.

۱۵) بار متمرکز چرخ باید در سطحی با ابعاد ۱۲۰ × ۱۲۰ میلی‌متر اعمال گردد.

۴-۲- بار زنده گسترده تیغه بندی

۶-۵-۲ بار زنده گسترده یکنواخت

۶-۵-۲-۲ ضوابط مربوط به دیوارهای تقسیم کننده

در ساختمان‌های اداری و یا سایر ساختمان‌هایی که در آن‌ها احتمال استفاده از دیوارهای تقسیم‌کننده و یا جابجایی آن‌ها وجود دارد، باید ضوابطی برای وزن دیوارهای تقسیم‌کننده بدون توجه به اینکه آن‌ها در پلان نشان داده شده باشند و یا خیر، اقدام گردد. وزن دیوارهای تقسیم کننده نباید کمتر از ۱ کیلونیوتن بر متر مربع در نظر گرفته شود. در ساختمان‌هایی که از تیغه‌های سبک نظیر دیوارهای ساندویچی استفاده می‌شود، این بار را می‌توان حداقل به ۰٫۵کیلونیوتن بر مترمربع کاهش داد، مشروط بر آن‌که وزن یک مترمربع از این نوع دیوارهای جداکننده و ملحقات آنها از ۰٫۴ کیلونیوتن تجاوز نکند.

در صورتی‌که وزن هر مترمربع سطح دیوارهای جداکننده از ۲ کیلونیوتن بیشتر باشد، وزن آن به‌عنوان بار مرده در نظر گرفته شده و در محل واقعی خود اعمال می‌گردد.

استثناء: اگر حداقل بار زنده از ۴ کیلونیوتن بر متر مربع بیشتر باشد، نیازی به در نظر گرفتن بار زنده دیوار تقسیم‌کننده نیست.

$$\text{حداقل بار زنده کف} = 0.5\frac{kN}{m^2} \quad \rightarrow \quad \text{وزن متر مربع دیوار کننده تقسیم} < 0.4\frac{kN}{m^2}$$

$$\text{حداقل بار زنده کف} = 1\frac{kN}{m^2} \quad \rightarrow \quad 0.4\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} < \text{وزن متر مربع دیوار کننده تقسیم} < 2\frac{kN}{m^2}$$

$$\text{وزن دیوار بار مرده خواهد بود} \quad \rightarrow \quad \text{وزن متر مربع دیوار کننده تقسیم} < 2\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

۴-۳- بارگذاری زنده گسترده شطرنجی

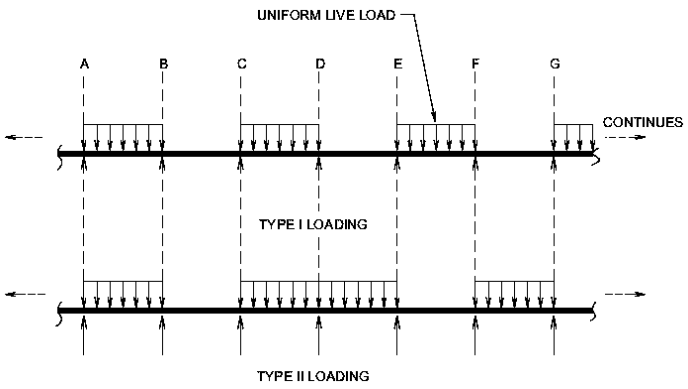
۶-۵-۲ بار زنده گسترده یکنواخت

۶-۵-۲-۳ نامناسب‌ترین وضع بارگذاری

در تیرهای یکسره و در قاب‌های نامعین در مواردی که بار زنده بیشتر از ۴ کیلونیوتن بر مترمربع و یا بیشتر از یک و نیم برابر بار مرده است، موقعیت قرارگیری بار زنده در دهانه‌های مختلف باید طوری در نظر گرفته شود که بیشترین اثر مورد نظر را در عضو سازه‌ای ایجاد نماید. برای این منظور کافی است علاوه بر حالت قرار دادن بار زنده در تمام دهانه‌ها، حالت‌های بارگذاری زیر نیز در نظر گرفته شوند:

الف- قرار دادن بار زنده در دو دهانه مجاور هم،

ب- قرار دادن بار زنده در دهانه‌های یک در میان.



۴-۴- بار زنده متمرکز

۶-۵-۳ بار زنده متمرکز

کف‌ها، بام‌ها و سایر سطوح مشابه باید بنحوی طراحی شوند که بارهای زنده گسترده یکنواخت توزیع شده، طبق مفاد بخش ۶-۵-۲ یا بارهای متمرکز داده شده در جدول ۶-۵-۱، هر کدام که منجر به آثار بزرگ‌تری شوند را به‌نحوی ایمن تحمل نمایند. در صورت مشخص نبودن ابعاد بار متمرکز، بار وارده می‌بایست بصورت یکنواخت برروی سطحی به ابعاد ۷۵۰ ×۷۵۰ میلیمتر توزیع شده و محل آن طوری در نظر گرفته شود که بیشترین اثر ناشی از بارگذاری را در اعضا ایجاد نماید.

۶-۵-۴ بارهای وارده بر سیستم‌های نرده، نرده حفاظ، دست انداز، حفاظ پارکینگ، و نردبان ثابت

۶-۵-۴-۱ بارهای وارده بر سیستم‌های نرده و نرده حفاظ

سیستم نرده و یا نرده حفاظ باید طوری طراحی شود که یک بار متمرکز ۱ کیلونیوتن وارد بر هر نقطه و در هر جهتی از آن را به نحوی که سبب ایجاد حداکثر اثر بار بر روی اجزای سازه‌ای مربوطه شوند، تحمل کرده و آن را توسط تکیه‌گاه‌های خود به سازه منتقل نماید. همچنین نرده و یا نرده حفاظ باید طوری طراحی شود که یک بار گسترده ۰٫۷۵ کیلونیوتن بر متر طول را در هر جهتی در امتداد نرده و یا نرده حفاظ تحمل کند. این بار لازم نیست که به‌صورت همزمان با بار متمرکز گفته شده قبلی در نظر گرفته شود.

میله‌های میانی نرده‌ها و قطعات پر کننده میان آن‌ها باید برای تحمل یک بار افقی ۰٫۲۵ کیلونیوتن به صورت عمود بر روی سطحی به ابعاد تا ۳۰۰×۳۰۰ میلی‌متر (با احتساب فضای خالی بین میله‌های نرده) به نحوی که سبب ایجاد حداکثر اثرات ناشی از آن بارگذاری گردد، طراحی شود. عکس العمل‌های ناشی از این بارگذاری لازم نیست که به سایر بارهای مذکوردر این بند اضافه گردد.

۶-۵-۴-۲ بار وارده به دست انداز

دست‌انداز باید به‌نحوی طراحی شود که یک بار متمرکز ۱٫۲ کیلونیوتن وارده بر هر نقطه و در هر جهتی از دست انداز به‌نحوی که حداکثر اثرات ناشی از بار را ایجاد کند، تحمل نماید.

۶-۵-۴-۳ بار وارده به سیستم حفاظ پارکینگ

سیستم حفاظ پارکینگ در برابر ماشین‌های شخصی باید به‌نحوی طراحی شود که بتواند یک بار متمرکز ۳۰ کیلونیوتنی که بصورت افقی و در هر جهتی به سیستم حفاظ وارد شود را تحمل نماید. همین‌طور دارای مهارها و یا اتصالات مناسب برای انتقال این بار به سازه باشد. در طراحی این سیستم، بار بنا به فرض در ارتفاعی بین ۴۵ تا ۷۰ سانتی‌متری از کف پارکینگ و یا رمپ به‌نحوی که بیشترین اثر را ایجاد کند، وارد می‌گردد. بار روی سطحی که بیشتر از ۳۰۰×۳۰۰ میلی‌متر نباشد وارد شده و محل آن به‌نحوی در نظر گرفته می‌شود که بیشترین اثر را ایجاد کند. این بار لازم نیست بصورت همزمان با هر کدام از بارهای گفته شده برای نرده و یا نرده حفاظ در بند ۶-۵-۴-۱ اعمال شود. سیستم حفاظ پارکینگ اتوبوس‌ها و کامیون‌ها باید بر طبق آیین‌نامه بارگذاری پل‌ها، نشریه شماره ۱۳۹ دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور طراحی شوند.

۶-۵-۴-۴ بار وارده به نردبان ثابت

حداقل بار زنده روی نردبان ثابت برابر با یک بار متمرکز ۱٫۳۵ کیلونیوتن بوده که در هر نقطه‌ای که بیشترین اثر بار را بر روی عضو مورد نظر ایجاد کند، وارد می‌گردد. تعداد و محل اعمال بارهای زنده متمرکز اضافی شامل حداقل یک بار ۱٫۳۵ کیلونیوتن برای هر ۳ متر از طول نردبان خواهد بود. موقعی که انتهای بالایی پایه‌های نردبان ثابت به بالاتر از سقف طبقه و یا محل اتکا امتداد یابد، بخش امتداد یافته هر پایه به‌نحوی طراحی خواهد شد که یک بار زنده متمرکز ۰٫۴۵ کیلونیوتن در هر جهتی و در هر ارتفاعی تا بالای پایه را تحمل کند.

۴-۵- بار ضربه ای

۶-۵-۵ بارهای ضربه‌ای

۶-۵-۵-۱ کلیات

در بارهای زنده مشخص شده در بخش‌های ۶-۵-۲ الی ۶-۵-۴ اثرات ناشی از ضربه، در حد متعارف، منظور شده است. در طراحی اجزای سازه‌هایی که در آنها شرایط ارتعاش و ضربه به‌طور غیرمتعارف موجود است، می‌بایست ملاحظات لازم در نظر گرفته شود. در صورت عدم انجام تحلیل‌های دینامیکی، برای برخی از سازه‌های عنوان شده در بندهای ۶-۵-۵-۲ الی ۶-۵-۵-۴ بارها باید با ضرایب ضربه تعیین شده به‌شرح زیر افزایش داده شوند.

۶-۵-۵-۲ آویزهای کششی نگهدارنده کف‌ها و بالکن‌ها: بار زنده باید در ضریب ۱٫۳۳ ضرب شود.

۶-۵-۵-۳ سازه‌های نگهدارنده ماشین‌آلات: وزن ماشین، ملحقات و بارهای متحرک آن‌ها باید در ضرایب مشخص شده در زیر ضرب شوند. در صورت تعیین ضریب اضافه بار بیشتر توسط شرکت‌های سازنده، از آنها برای افزایش بار استفاده شود.

الف- ماشین‌آلاتی که دارای محور دورانی می‌باشند: ضریب ۱٫۲،

ب- ماشین‌آلاتی که دارای حرکت رفت و برگشتی می‌باشند: ضریب ۱٫۵.

۶-۵-۵-۴ سازه‌های نگهدارنده آسانسورها: وزن اتاقک، ماشین‌آلات، وزنه تعادل و بار زنده ناشی از وزن مسافران و وسایل باید در ضریب ۲ ضرب شوند، مگر آنکه بارهای اسمی ارائه شده توسط سازنده در ضریبی حداقل برابر این مقدار ضرب شده باشد.

۶-۴- کاهش بار زنده

۶-۵-۷ کاهش بارهای زنده طبقات

۶-۵-۷-۱ کلیات

به جز بارهای زنده یکنواخت بام، سایر بارهای زنده توزیع شده یکنواخت حداقل، L_o، داده شده در جدول ۶-۵-۱ را می‌توان بر طبق ملاحظات بندهای ۶-۵-۷-۲ الی ۶-۵-۷-۶ کاهش داد.

۶-۵-۷-۲ کاهش در بارهای زنده یکنواخت

با در نظر گرفتن محدودیت‌های ارائه شده در بندهای ۶-۵-۷-۳ الی ۶-۵-۷-۶، اعضایی که برای آن‌ها مقدار $K_{LL}A_T$ برابر با ۳۷ مترمربع یا بیشتر باشد، را می‌توان با استفاده از بارهای زنده کاهش یافته بر طبق رابطه (۶-۵-۱) کاهش داد:

$$L = L_o\left[۰/۲۵ + \frac{۴/۵۷}{\sqrt{K_{LL}A_T}}\right] \qquad (۶-۵-۱)$$

که در آن:

L: بار زنده طراحی کاهش یافته در هر مترمربع، تحمل شده توسط عضو

L_o: بار زنده طراحی کاهش نیافته در هر مترمربع، تحمل شده توسط عضو (از جدول ۶-۵-۱)

K_{LL}: ضریب عضو برای بار زنده (از جدول ۶-۵-۲)

A_T: سطح بارگیر (مترمربع)

L برای اعضایی که بار یک طبقه را تحمل می‌کنند نباید از $۰/۵L_o$، برای اعضایی که بار دو طبقه و یا بیشتر را تحمل می‌کنند، نباید از $۰/۴L_o$ کمتر باشد.

۶-۵-۷-۳ بارهای زنده سنگین

بارهای زنده بیش از ۵ کیلونیوتن بر متر مربع کاهش نمی‌یابند.

استثناء: بارهای زنده برای اعضایی که بار دو طبقه و یا بیشتر را تحمل می‌کنند را می‌توان به میزان ۲۰٪ کاهش داد.

۶-۵-۷-۴ محل عبور و یا پارک خودروهای سواری

بارهای زنده محل عبور و یا پارک خودروهای سواری کاهش داده نمی‌شود.

استثناء: کاهش بارهای زنده اعضایی که بار ۲ طبقه یا بیشتر را تحمل می‌کنند، به میزان ۲۰٪ مجاز می‌باشد.

۶-۵-۷-۵ محل اجتماع و ازدحام

بار زنده محل‌های اجتماع و ازدحام کاهش نمی‌یابد.

۶-۵-۷-۶ محدودیت‌های مربوط به دال‌های یک‌طرفه

سطح بارگیر A_T برای دالهای یک‌طرفه از حاصلضرب دهانه دال در عرضی برابر با ۱/۵ برابر دهانه دال (در جهت عمود بر آن) بیشتر نخواهد بود.

جدول ۶-۵-۲ ضریب عضو برای بار زنده K_{LL}

ردیف	جزء سازه‌ای	K_{LL}
۱	ستون‌های داخلی	۴
۲	ستون‌های خارجی بدون دال‌های طره‌ای	۴
۳	ستون کناری با دال طره‌ای	۳
۴	ستون گوشه با دال طره‌ای	۲
۵	تیر کناری بدون دال طره‌ای	۲
۶	تیر داخلی	۲
۷	بقیه اعضای ذکر نشده شامل:	
۷-۱	تیر کناری با دال طره‌ای،	۱
۷-۲	تیر طره‌ای،	۱
۷-۳	دال یک‌طرفه،	۱
۷-۴	دال دو طرفه،	۱
۷-۵	اعضایی که فاقد ضابطه انتقال پیوسته برش در جهت عمود بر دهانه خود باشند.	۱

۶-۵-۸ کاهش در بارهای زنده بام

۶-۵-۸-۱ کلیات

بار زنده توزیع شده یکنواخت حداقل بام، L_o، داده شده در جدول ۶-۵-۱ را می‌توان طبق ضوابط بندهای ۶-۵-۸-۲ و ۶-۵-۸-۳ کاهش داد.

۶-۵-۸-۲ بام های تخت، شیب‌دار و قوسی

بام‌های معمولی تخت، شیب‌دار و قوسی و سایبان‌ها به غیر از مواردی مانند سقف‌های پارچه‌ای که با استفاده از یک سازه اسکلتی مجزا تحمل شوند، برای بار زنده کاهش یافته بام حاصل از رابطه ۶-۵-۲ و یا سایر ترکیب بارهای کنترل کننده در فصل دو، هر کدام که بیشتر باشد، طراحی می‌شوند. در سازه‌هایی مانند گلخانه که در آن از داربست‌های مخصوص عبور کارگران و حمل مصالح در زمان نگهداری و تعمیر استفاده می‌شود، مقادیر بار زنده بام نیز نباید کمتر از مقدار داده شده توسط رابطه ۶-۵-۲ باشد.

$$L_r = L_o R_1 R_2 \qquad ۰/۶\ \text{kN/m}^2 \le L_r \le ۱/۵\ \text{kN/m}^2 \qquad (۶-۵-۲)$$

که در این رابطه:

L_r = بار زنده طراحی کاهش یافته بام در هر مترمربع تصویر افقی سطح نگهداری شده توسط عضو

L_o = بار زنده طراحی کاهش نیافته بام در هر مترمربع تصویر افقی سطح نگهداری شده توسط عضو (جدول ۶-۵-۱)

ضرایب کاهش R_1 و R_2 مطابق روابط زیر تعیین می‌شوند:

$$R_1 = \begin{cases} ۱ & \text{برای} \quad A_T \le ۱۸\text{m}^2 \\ ۱/۲ - ۰/۰۱۱\,A_T & \text{برای} \quad ۱۸\ \text{m}^2 \le A_T < ۵۴\text{m}^2 \\ ۰/۶ & \text{برای} \quad A_T \ge ۵۴\text{m}^2 \end{cases} \qquad (۶-۵-۳)$$

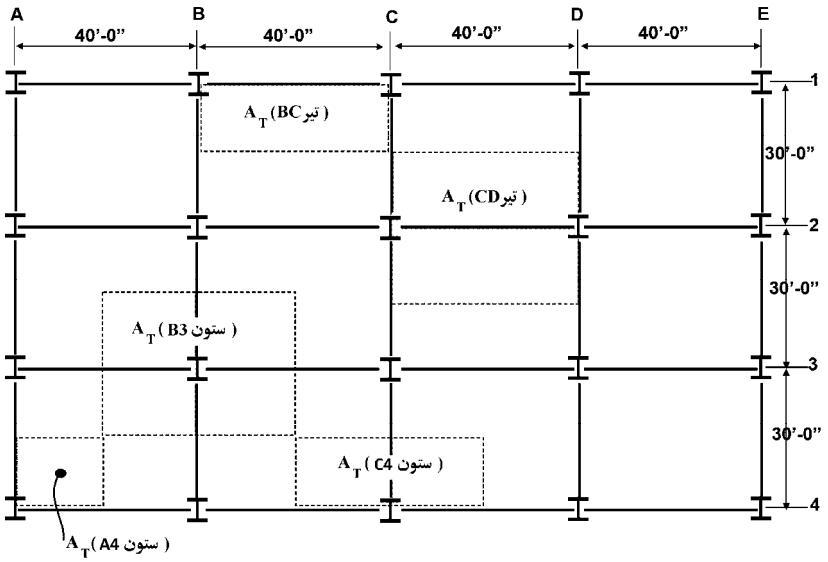
که در آن A_T سطح بارگیر عضو (بر حسب مترمربع) می‌باشد. برای بام‌های شیب‌دار، با شیب S (به درصد)، ضریب R_2 از رابطه ۶-۵-۴ محاسبه می‌شود.

$$R_2 = \begin{cases} ۱ & \text{برای} \quad S \le ۳۳ \\ ۱/۲ - ۰/۰۰۶S & \text{برای} \quad ۳۳ < S < ۱۰۰ \\ ۰/۶ & \text{برای} \quad S \ge ۱۰۰ \end{cases} \qquad (۶-۵-۴)$$

برای بام‌های قوسی یا گنبدی، مقدار S برابر با حاصل ضرب ۲۶۶/۶ در نسبت ارتفاع به طول دهانه آن‌ها می‌باشد.

۶-۵-۸-۳ بام‌های دارای کاربری ویژه

برای بام‌هایی که محل اجتماع و ازدحام بوده و دارای کاربری‌های خاصی چون باغچه پشت بام و غیره می‌باشند، می‌توان بارهای زنده یکنواخت آن‌ها را طبق ضوابط بخش ۶-۵-۸ کاهش داد.



محاسبات ۹۳

۱۶- ضریب اهمیت بار برف برای مساجد..... و برای درمانگاهها..... می‌باشد.

۱) 1.25 و 1.15
۲) 1.2 و 1.4
۳) 1.25 و 1.25
۴) 1.1 و 1.2

گزینه ۴

محاسبات ۹۳

۱۲- وزن یک متر طول دیوار تیغه متشکل از آجرکاری با آجر مجوف و ملات ماسه و سیمان به ضخامت یکصد میلی‌متر و نازک‌کاری با ملات گچ به ضخامت متوسط پانزده میلی‌متر در هر طرف و ارتفاع دیوار برابر سه متر برحسب کیلونیوتن به کدام مقدار نزدیکتر است؟

۱) 3.7
۲) 3.4
۳) 4.0
۴) 4.3

گزینه ۱

$$3 \times (0.1 \times 850 + 0.03 \times 1300) = 372 \frac{kg}{m} = 3.72 \frac{kN}{m}$$

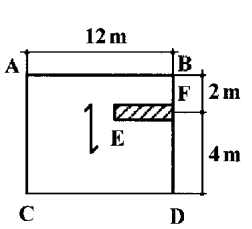
ادامه جدول شماره پ ۶-۱-۲ جرم واحد حجم مصالح و اجزای ساختمان

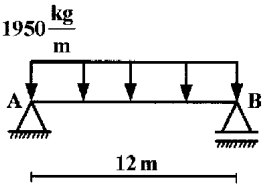
۲- ملات‌ها	
ملات ماسه آهک	۱۸۵۰
ملات ماسه سیمان و آهک (با تارد)	۲۰۰۰
ملات ماسه سیمان	۲۱۰۰
ملات گچ	۱۳۰۰

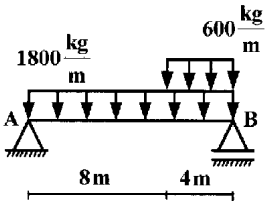
۶- بنائی با آجر و بلوک *	
آجرکاری با آجر فشاری و ملات ماسه سیمان	۱۸۵۰
آجرکاری با آجر فشاری و ملات ماسه آهک	۱۸۰۰
آجر کاری با آجر فشاری و ملات گچ و خاک (طاق ضربی)	۱۷۵۰
آجرکاری با آجر سفال و ملات ماسه سیمان (سوراخ‌ها با ملات پر شود)	۲۱۰۰
آجرکاری با آجر سفال و ملات ماسه آهک (سوراخ‌ها با ملات پر شود)	۲۰۰۰
آجرکاری با آجر مجوف و ملات ماسه سیمان	۸۵۰

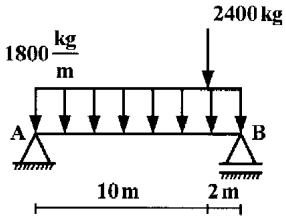
محاسبات-۹۱

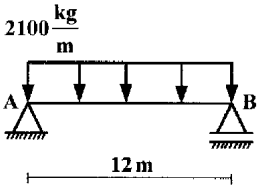
۳- در ساختمان مسکونی، بار مرده‌ی کف ۶۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و وزن تیغه در چشمه‌ی ABCD، برابر با ۳۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و ارتفاع تیغه‌ها ۳ متر می‌باشد. بار مرده‌ی وارد بر تیر AB کدام است؟ طول تیغه EF = ۴m



۱)


۲)


۳)


۴)


گزینه ۲

محاسبات ۹۳

۱۳- بعد از کاهش بار زنده، مقدار کل بار زنده گسترده (بدون احتساب بار زنده معادل تیغه‌بندی) وارد بر یک تیر داخلی کف، مربوط به دفاتر کار معمولی اداری، که دارای $59\ m^2$ سطح بارگیر است، به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

۱) 90 kN
۲) 100 kN
۳) 120 kN
۴) 150 kN

گزینه ۲

$$L = 2.5\left[0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{2 \times 59}}\right] = 1.67\frac{kN}{m^2}$$

بار کل برابر خواهد بود با:

$$1.67 \times 59 = 98.53\ kN$$

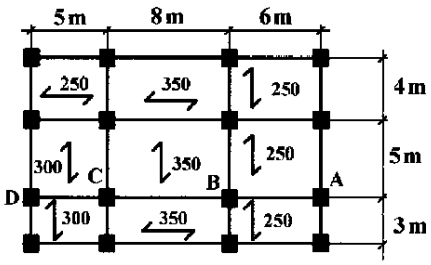
محاسبات ۸۹

۸- در یک ساختمان تجاری با کاربری فروشگاه، برای جداسازی فضاها از تیغه‌هایی استفاده شده که وزن یک مترمربع سطح آنها 100 دکانیوتن است. چنانچه سطح پلان هر طبقه ساختمان 300 مترمربع و طول کل تیغه‌ها برابر 52.5 متر و ارتفاع آنها 4 متر باشد، بار معادل تیغه بندی برحسب دکانیوتن بر مترمربع به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

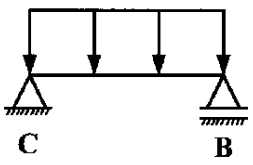
۱) 70
۲) 100
۳) 130
۴) با توجه به کاربری ساختمان، می توان از بار معادل تیغه بندی صرفنظر کرد.

محاسبات-۹۱

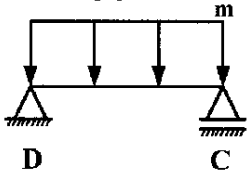
۱۱- در پلان تیرریزی روبه‌رو، در مورد سربار کاهش یافته، گزینه‌ی صحیح کدام است؟ (سربارهای مشخص شده در پلان برحسب کیلوگرم بر متر مربع است.)



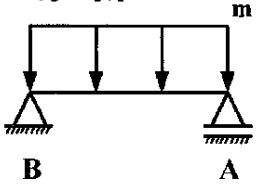
۱) سر بار کاهش یافته = 912 $\frac{kg}{m}$



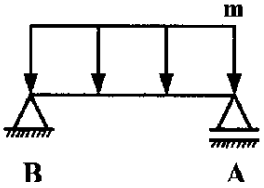
۲) سر بار کاهش یافته = 1165 $\frac{kg}{m}$



۳) سر بار کاهش یافته = 1165 $\frac{kg}{m}$



۴) سر بار کاهش یافته = 849 $\frac{kg}{m}$



گزینه ۲.

تیر AB:

$$L = 2.5\left[0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{48}}\right] = 2.27\frac{kN}{m^2}$$

$$q = 4 \times 2.27 = 9.1\frac{kN}{m}$$

تیر BC:

$$L = 3.5\left[0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{40}}\right] = 3.4\frac{kN}{m^2}$$

$$q = 2.5 \times 3.4 = 8.5\frac{kN}{m}$$

تیر CD:

$$L = 3\left[0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{40}}\right] = 2.91\frac{kN}{m^2}$$

$$q = 4 \times 2.91 = 11.67\frac{kN}{m}$$

محاسبات-۹۱

۴۴- تیرهای اصلی طبقات یک ساختمان اداری با دفاتر کار معمولی دارای طول دهانه هشت متر بوده و در فواصل ۶ متر از یکدیگر قرار دارند. در جهت دیگر تیرچه‌های کف بار خود را به تیرهای اصلی منتقل می‌سازند. مقدار حداقل بار زنده در واحد طول (برحسب کیلونیوتن بر متر) برای طراحی تیرهای اصلی باربر داخلی طبقه پنجم در چه حدودی می‌باشد؟ وزن تیغه‌ها جداگانه همراه بار مرده در نظر گرفته می‌شوند.

۱) 9
۲) 15
۳) 8
۴) 11

گزینه ۴:

بار زنده $2.5MPa$ می باشد. از طرفی پانلها 6m در 8m می باشد و سطح تاثیر تیرهای اصلی برابر با $2\times48\text{m}^2$ بوده و می توان از کاهش سربار زنده استفاده کرد:

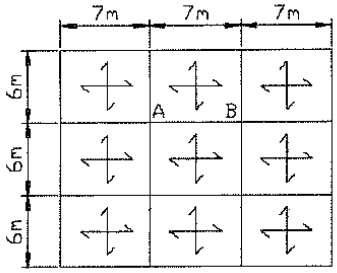
$$L = 2.5\left[0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{2\times48}}\right] = 1.79\frac{kN}{m^2}$$

بار گسترده برابر خواهد بود با:

$$q = 6\times1.79 = 6\times250\times0.73 = 10.74\frac{kN}{m}$$

محاسبات- ۹۰

۹- یک ساختمان مسکونی از نوع قاب ساختمانی ساده توام با مهاربندی هم محور فولادی در شهر تهران مفروض است. این ساختمان پنج طبقه و دارای سقف با دال بتنی می باشد. پلان تیر ریزی طبقه چهارم به همراه طول دهانه ها در شکل زیر نشان داده شده است. اگر بار زنده طبقات 200 دکانیوتن برمترمربع باشد. درصد کاهش بار زنده برای طراحی تیر AB به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟



۱) 43.3
۲) 8.8
۳) 23.7
۴) 40

گزینه ۲

$$L = \left[0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{2\times24}}\right] = 0.9096$$

محاسبات ۹۳

۱۴- در تیرهای یکسره، در کدامیک از حالات زیر باید اثر قرارگیری بار زنده در دهانه‌های یک درمیان، علاوه بر تمام دهانه‌ها درنظر گرفته شود؟

۱) بار زنده 3.5 و بار مرده 7.5 کیلونیوتن برمترمربع
۲) بار زنده 2 و بار مرده 7.5 کیلونیوتن برمترمربع
۳) بار زنده 3 و بار مرده 7.0 کیلونیوتن برمترمربع
۴) بار زنده 4.5 و بار مرده 7 کیلونیوتن برمترمربع

گزینه ۴

۶-۵-۲-۳ نامناسب‌ترین وضع بارگذاری

در تیرهای یکسره و در قاب‌های نامعین در مواردی که بار زنده بیشتر از ۴ کیلونیوتن بر مترمربع و یا بیشتر از یک و نیم برابر بار مرده است، موقعیت قرارگیری بار زنده در دهانه‌های مختلف باید طوری در نظر گرفته شود که بیشترین اثر مورد نظر را در عضو سازه‌ای ایجاد نماید. برای این منظور کافی است علاوه بر حالت قرار دادن بار زنده در تمام دهانه‌ها، حالت‌های بارگذاری زیر نیز در نظر گرفته شوند:

الف- قرار دادن بار زنده در دو دهانه مجاور هم،

ب- قرار دادن بار زنده در دهانه‌های یک در میان.

محاسبات-۹۱

۴۶- تیغه‌های غیر باربر داخلی یک ساختمان به‌صورت آجرکاری با آجر مجوف و ملات ماسه سیمان به ضخامت 200 میلیمتر و در دو طرف اندود گچ به ضخامت متوسط 20 میلیمتر در هر طرف دیوار خواهد بود. اگر ارتفاع تیغه‌ها برابر 2.8 متر باشد، نیروی وارد بر واحد طول از طرف تیغه به کف برحسب کیلونیوتن برمتر، حدوداً چقدر باید در نظر گرفته شود؟

شتاب ثقل برابر ده متر بر مجذورثانیه فرض می‌شود.

۱) 6.2 ۲) 2.2
۳) 5.8 ۴) 7.3

گزینه ۱:

وزن واحد سطح دیوار برابر است با: $w = 0.2 \times 850 + 2(0.02 \times 1300) = 222 \frac{kg}{m^2}$

با توجه به ارتفاع تیغه، بار گسترده خطی برابر است با: $q = 222 \times 2.8 = 621.6 \frac{kg}{m} = 6.2 \frac{kN}{m}$

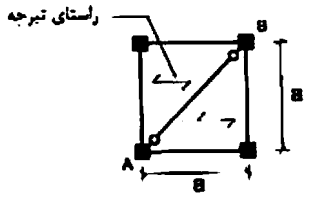
محاسبات-۹۰

۶- در یک ساختمان مسکونی برای جداسازی فضاها از تیغه هائی استفاده شده است که وزن یک مترمربع سطح آنها 300 دکانیوتن است. چنانچه سطح پلان ساختمان در هر طبقه 300 مترمربع و طول تیغه ها در هر طبقه 60 متر و ارتفاع آنها 3 متر باشد کدامیک از عبارات زیر درخصوص بار معادل تیغه ها درست است؟

۱) بار معادل تیغه ها را می توان 100 دکانیوتن بر مترمربع (در واحد سطح پلان) در نظر گرفت.
۲) بار تیغه ها را باید در محل واقعی خود اعمال نمود.
۳) بار معادل تیغه ها را می توان 180 دکانیوتن بر مترمربع (در واحد سطح پلان) در نظر گرفت.
۴) بار معادل تیغه ها را می توان 300 دکانیوتن بر مترمربع (در واحد سطح پلان) در نظر گرفت.

محاسبات ۹۲

۵۷- در صورتی که مجموع شدت بارهای مرده و زنده در واحد سطح برابر q فرض شود، در طراحی به روش تنش مجاز تیر دو سر مفصل AB باید حداقل برای چه لنگر خمشی طراحی شود؟



۱) $\frac{qa^3}{8\sqrt{2}}$

۲) $\frac{\sqrt{2}}{8}qa^3$

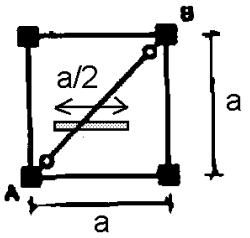
۳) $\frac{1}{8}qa^3$

۴) $\frac{\sqrt{2}}{4}qa^3$

گزینه ۱

سطح بارگیر تیر AB مطابق شکل یک مقدار ثابتی می باشد (a/2). از کل بار سقف نصف آن به تیر مایل می رسد. کل بار سقف وارد بر تیر AB برابر $\frac{qa^2}{2}$ می باشد. بنابراین بار گسترده وارد بر تیر AB برابر $\frac{\frac{qa^2}{2}}{a\sqrt{2}} = \frac{qa}{2\sqrt{2}}$ می باشد و لنگر وارد بر آن برابر است با:

$$\frac{\left(\frac{qa}{2\sqrt{2}}\right)\left(a\sqrt{2}\right)^2}{8} = \frac{qa^3}{8\sqrt{2}}$$



محاسبات ۸۹

۱۰- در یک ساختمان مسکونی سه طبقه حفاظ اطراف جان پناه بام از پروفیل‌های به فاصله ۲/۵ متر از یکدیگر و به ارتفاع ۱/۲ متر تشکیل شده است. پایین پروفیل‌ها در تیرحمال کف‌گیردار است. در طراحی به روش تنش مجاز، پروفیل‌ها باید برای چه لنگر خمشی ناشی از بارهای زنده طراحی شوند؟

۱) ۱۵۰ kg.m

۲) ۱۰۰ kg.m

۳) ۱۲۰ kg.m

۴) ۱۸۰ kg.m

محسبات ۸۳ پایه ۱

۳- در یک ساختمان مسکونی از تیغه‌هایی به وزن $300kg/m^2$ استفاده شده است.
سطح پلان ساختمان در هر طبقه ۱۵۰متر مربع و طول تیغه‌ها ۳۰ متر و ارتفاع آنها ۲/۸ متر است. بار معادل تیغه‌بندی چقدر است؟

۱) بار تیغه‌ها را باید در محل واقعی خود اعمال نمود. ۲) $100kg/m^2$ ۳) $150kg/m^2$ ۴) $112kg/m^2$

محسبات ۸۳ پایه ۲

۱- در پارکینگ یک ساختمان مسکونی ارتفاع دیواره حفاظ کنار بازشوی متعلق به راه‌پله ۹۰ سانتیمتر است. این دیواره در فواصل ۱۲۰ سانتیمتر به ستونک‌های فولادی طره‌ای شکل تکیه می‌نماید. لنگر خمشی در تکیه‌گاه ستونک فولادی کدامیک از ارقام زیر(طبق آئین‌نامه بارگذاری) است.

۱) M≈1500 kg.m

۲) M≈2700 kg.m

۳) M≈1800 kg.m

۴) هیچکدام

محسبات ۸۳ پایه ۲

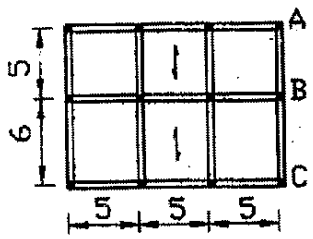
۴- در یک ساختمان چند طبقه مسکونی پلان یکی از طبقات با بار زنده $250kg/m^2$ در تصویر زیر نشان داده شده است. در بارگذاری تیر محور B با منظور نمودن کاهش سربار احتمالی، میزان بار زنده چقدر است؟

۱) ۸۶۷ کیلوگرم بر متر

۲) ۱۲۳۸ //

۳) ۱۱۹۹ //

۴) هیچکدام



محسبات ۸۳ پایه ۳

۱- در یک ساختمان چهار طبقه مسکونی سطح بارگیر یکی از ستونها در هر طبقه برابر ۱۶ متر مربع است. درصد مجاز کاهش بار زنده را برای این ستون در طبقه پایین(اولین طبقه) محاسبه نمایید؟

۱) ٪۲۶/۷ ۲) ٪۵۰ ۳) ٪۳۲/۵ ۴) ٪۳۰

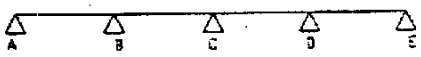
محسبات ۸۳ پایه ۳

۲- تراس مقابل پنجره یک اطاق بیمار در بیمارستان به ابعاد ۲×۱/۵ متر می‌باشد. کل بار زنده وارد به تراس طبق آیین‌نامه بارگذاری کدامیک از ارقام زیر است؟

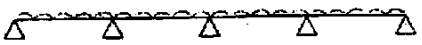
۱) ۶۰۰ کیلوگرم ۲) ۷۵۰ کیلوگرم ۳) ۹۰۰ کیلوگرم ۴) ۱۵۰۰ کیلوگرم

محسبات ۸۳ پایه ۳

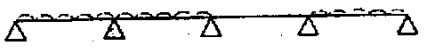
۳- نامناسب‌ترین وضعیت بارگذاری برای لنگر تکیه‌گاه B در تیر مقابل کدام است؟



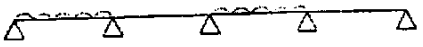
۱)



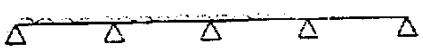
۲)



۳)



۴)



محسبات ۸۴ پایه ۱

۱- ستون نشان داده شده متعلق به یک ساختمان شش طبقه است که کاربری آن مشخص شده است. با در نظر گرفتن تخفیف بار زنده ستون را برای چه بار زنده‌ای بر روی شالوده طراحی می‌کنید. سطح بارگیر ستون در طبقات ۴۰ متر مربع و بارهای زنده طبقات عبارتند از: پارکینگ: ۵۰۰ کیلوگرم بر متر مربع- اداری: ۲۵۰ – رستوران: ۵۰۰ – بام: ۱۵۰

۱) ۴۶٫۶ تن
۲) ۶۳٫۴ تن
۳) ۶۷ تن
۴) ۷۶ تن

محسبات ۸۴ پایه ۲

۱- ستون نشان داده شده متعلق به یک ساختمان پنج طبقه است که کاربری آن مشخص شده است. با در نظر گرفتن تخفیف در بار زنده، ستون را بر روی شالوده برای چه بار زنده‌ای طراحی می‌کنید. سطح بارگیر ستون در هر طبقه ۳۰ مترمربع و بارهای زنده طبقات عبارتند از:

فروشگاه: ۵۰۰ کیلوگرم بر مترمربع، مسکونی: ۲۰۰ ، بام: ۱۵۰

۱) ۳۸٫۱ تن
۲) ۴۲٫۸ تن
۳) ۴۴٫۱ تن
۴) ۴۶٫۵ تن

محسبات ۸۴ پایه ۱

۲- به یک پارکینگ، خودروهایی با وزن حداکثر ۶۰۰۰ دکانیوتن می‌توانند وارد شده و پارک نمایند. محل پارک، روی سقف زیرزمین بوده و سقف از نوع پوشش کامپوزیت (مقطع مختلط فولادی و بتنی) و فاصله تیرها از همدیگر ۱۲۰ cm است. طول تیرها ۴ متر و دو سر مفصلی هستند. ورود ماشین آتش‌نشانی به پارکینگ امکان‌پذیر نیست. حداکثر لنگر خمشی ناشی از اثر بار زنده در هر کدام از تیرها عبارت است از:

۱) ۱۴۰۰ دکانیوتن متر ۲) ۱۶۸۰ دکانیوتن متر ۳) ۳۰۰۰ دکانیوتن متر ۴) ۶۰۰۰ دکانیوتن متر

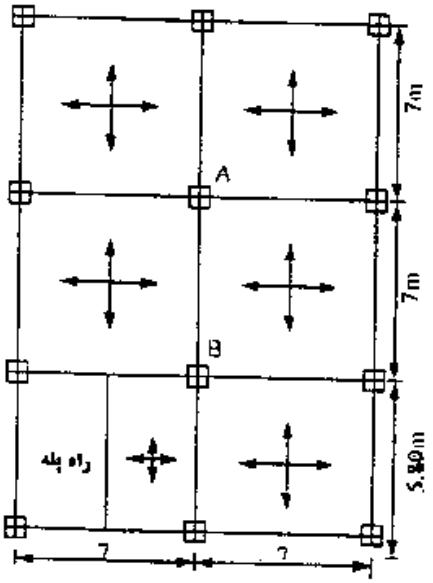
محسبات ۸۴ پایه ۳

۳- پله‌ها در یک فروشگاه بزرگ به صورت پله مارپیچی بوده و هر کدام از آنها بصورت طره مجزائی هستند که به یک ستون بصورت گیردار اتصال دارند. ابعاد کف پله ۳۰×۱۵۰ سانتی‌متر است. لنگر خمشی ناشی از بار زنده در محل اتصال پله به ستون چقدر است؟

۱) ۱۱۸ کیلوگرم متر ۲) ۱۶۹ کیلوگرم متر ۳) ۳۰۰ کیلوگرم متر ۴) ۴۶۹ کیلوگرم متر

محسبات ۸۴ پایه۳

۲- شکل زیر پلان اسکلت بتن آرمه یک ساختمان مسکونی ۵ طبقه‌ای را نشان می‌دهد که دارای دال بتن آرمه دو طرفه است. مقدار کاهش بار زنده برای طرح تیر AB در پائین‌ترین طبقه عبارتست از:



۱) ۹٫۴ درصد کاهش
۲) ۲۷٫۱ درصد کاهش
۳) ۷۵٫۵ درصد کاهش
۴) کاهش بار زنده برای تیر AB مجاز نیست.

محاسبات ۸۷

۲- فرض کنید کف یک ساختمان اداری از دو قسمت مساوی A و B تشکیل شده و سطح هر قسمت 200 مترمربع باشد. چنانچه مساحت کل تیغه های قسمت A برابر 200 مترمربع و مساحت کل تیغه های قسمت B برابر 100 مترمربع و وزن هر متر مربع سطح تیغه برابر 140 کیلوگرم باشد. بار معادل تیغه بندی کدامیک از مقادیر زیر است.

۱) 100 کیلوگرم بر مترمربع برای هر دوقسمت A و B
۲) 100 کیلوگرم بر مترمربع برای قسمت A و 70 کیلوگرم برمترمربع برای قسمت B
۳) 140 کیلوگرم بر مترمربع برای قسمت A و 100 کیلوگرم بر مترمربع برای قسمت B
۴) 140 کیلوگرم بر مترمربع برای هر دو قسمت A و B

۴-۷- بار جرثقیل

۶-۵-۹ بارهای جراثقال

۶-۵-۹-۱ کلیات

بار زنده جراثقال به بار بهره‌برداری آن بستگی دارد. در جراثقال‌های پل‌دار و جراثقال‌های تک ریلی بارهای طراحی تیرهای زیرسری به همراه اتصالات و نشیمن‌گاه‌های آن‌ها باید در برگیرنده حداکثر بار چرخ پل جراثقال، ضربه قائم و بارهای جانبی و طولی ناشی از حرکت جراثقال باشند.

۶-۵-۹-۲ حداکثر بار چرخ جراثقال

حداکثر بار چرخ در جراثقال‌های پل‌دار شامل، بار ناشی از وزن پل به علاوه مجموع بار بهره‌برداری جراثقال و وزن ارابه، در موقعیتی از قرارگیری ارابه بر روی زیرسری که بیشترین اثر را در آن ایجاد نماید.

۶-۵-۹-۳ نیروی ضربه قائم

برای در نظرگیری اثر ضربه قائم یا نیروی ارتعاشی ایجاد شده، حداکثر بار چرخ جراثقال باید مطابق با درصدهای زیر افزایش یابد:

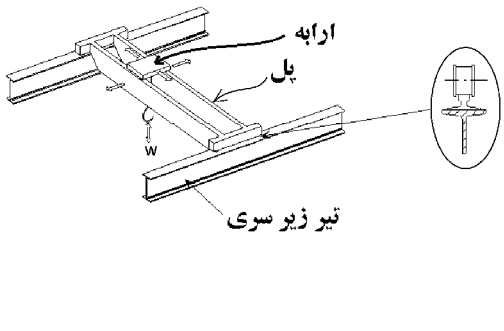
جراثقال‌های تک ریلی موتوردار	٪۲۵
جراثقال‌های دارای پل موتوری کابین دار یا دارای کنترل از راه دور	٪۲۵
جراثقال‌های دارای پل دارای موتور با کنترل آویزی	٪۱۰
جراثقال‌های دارای پل یا تک ریلی بدون موتور با ارابه و بالابر دستی	٪۰

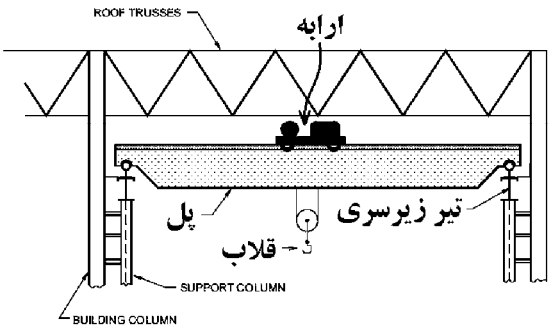
۶-۵-۹-۴ بار جانبی

بار جانبی تیر زیرسری جراثقال دارای ارابه‌های برقی باید برابر ۲۰ درصد مجموع بار ضریب‌دار جراثقال و وزن ارابه و بالابر در نظر گرفته شود. این بار به صورت افقی و در امتداد عمود بر محور تیر زیرسری (به سمت تیر زیرسری و یا در خلاف آن) و در سطح تماس چرخ با تیر زیرسری در نظر گرفته شده و به نسبت سختی جانبی تیرهای زیرسری طرفین و سازه نگهدارنده آن‌ها توزیع می‌شود.

۶-۵-۹-۵ نیروی طولی

نیروی طولی وارد بر تیر زیرسری جراثقال به جز جراثقال پلی با چرخ‌دنده دستی باید برابر ۱۰ درصد حداکثر بار چرخ جراثقال محاسبه شود. بار طولی باید به صورت افقی، در امتداد محور تیر زیرسری و در هر یک از جهات در سطح تماس چرخ با تیر زیرسری اثر داده شود.





محاسبات-۹۰

۱۰- بار قائم ناشی از وزن پل، ارابه و ملحقات جراثقال وارد بر یک ستون فولادی برابر یکصد کیلونیوتن و حداکثر بار قائم ناشی از باری که جراثقال جابجا می کند وارد بر همان ستون برابر یکصد و هشتاد کیلونیوتن می باشد. کمترین مقدار بار قائم ناشی از جراثقال وارد بر ستون مورد نظر بر حسب کیلونیوتن در طراحی به روش تنش مجاز را چقدر می توان در نظر گرفت؟

۱) 350
۲) 280
۳) 325
۴) 305

گزینه ۲

۵-بار سیل

۶-۶ بـار سیل

۶-۶-۱ کلیات

بندهای این فصل بر اساس آمار موجود در منطقه، تاریخچه خسارت‌های سیل در نزدیکی محل و مطالعات هیدرولوژیکی و مهندسی آب مورد تأیید مراجع ذیصلاح و مراکز دارای صلاحیت قانونی نظیر سازمان هواشناسی کشور و مطابقت تعریف‌های زیر و مفاهیم آنها با روش‌های تحلیلی موجود در آیین‌نامه‌ها، مدل‌سازی عددی و یا آزمون آزمایشگاهی (مدل‌سازی فیزیکی) توصیه شده مجاز و معتبر بین‌المللی، برای ساختمان‌ها و سایر سازه‌های واقع در یک منطقه ویژه خطر سیل به کار می‌رود.

در مناطق ویژه خطر سیل لازم است ساختمان توسط یک شمع، پی ستونی و غیره، بالاتر از ارتفاع سیل طرح و در بلندی قرار گیرد و در محدوده ارتفاع سیل طرح از موانعی نظیر دیوارهای فرو ریزشی به منظور ایجاد مسیری آزاد برای عبور موج‌ها و جریان‌های سیلابی دارای سرعت بالا از زیر ساختمان استفاده گردد.

۶-۶-۲ تعریف

۶-۶-۲-۱ دیوار فرو ریزشی: هر نوع دیواری در معرض سیل که به عنوان تأمین کننده تکیه‌گاه سازه‌ای لازم برای یک ساختمان یا سازه دیگر نمی‌باشد و بر حسب شرایط سیل طرح یا سیلی کمتر، طراحی و ساخته شده و به گونه‌ای فرو خواهد ریخت که هم به سیلاب‌ها اجازه عبور آزادانه می‌دهد و هم آسیبی به سازه یا سیستم تکیه‌گاه پی نمی‌زند.

۶-۶-۲-۲ سیل طرح و ارتفاع سیل طرح: سیلابی که احتمال تجاوز از آن در سال، ۱ درصد (دوره بازگشت ۱۰۰ سال) باشد. ارتفاع این سیلاب که شامل ارتفاع موج ناشی از آن است، به عنوان ارتفاع سیل طرح می‌باشد.

۶-۶-۲-۳ منطقه ویژه خطر سیل: ناحیه در معرض سیل طرح شامل سواحل مجاور آب‌های آزاد، خطوط ساحلی دریاچه‌های بزرگ و یا در مواردی که در طول یک سیلاب رودخانه‌ای طولانی مدت، ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها به طور مستقیم یا به واسطه لبریز شدن رودخانه‌ها و مسیل‌ها، تحت تأثیر موج‌های پر سرعت و فرسایش ناشی از طوفان‌ها یا کانون‌های زلزله قرار دارند. منشاء اصلی سیل در این مناطق، جزر و مدها، طوفان‌های ساحلی، گردبادها، نوسان‌های امواج یا سونامی‌ها است و باید به صورت توأم، میزان عمق آب ساکن سیل، برابر یا بزرگتر از ۶۰۰ میلی‌متر و ارتفاع موج شکننده، برابر یا بزرگتر از ۴۵۰ میلی‌متر در جریان موجود سیل طرح باشد.

۶-۶-۳ الزامات و بارهای طراحی

۶-۶-۳-۱ سیستم‌های سازه‌ای ساختمان و سایر سازه‌ها باید به گونه‌ای طراحی، ساخته، متصل و مهار شوند تا در مقابل شناوری، فروریختن و تغییرمکان جانبی دائمی ناشی از اثر بارهای سیل بر مبنای سیل طرح همراه با سایر بارها و مطابق با ترکیب بارها در فصل ۲ مقاومت کنند.

۶-۶-۳-۲ با توجه به این که فرسایش و آب‌شستگی می‌توانند هم بر پایداری پی تأثیر بگذارند و هم عمق سیلاب در محل و اثرات بارهای سیل وارد بر ساختمان و سازه‌های دیگر را افزایش دهند، تأثیرات ناشی از آن‌ها باید در محاسبه بارهای وارد بر ساختمان و سایر سازه‌های موجود در مناطق ویژه خطر سیل لحاظ گردد. با افزایش عمق پی می‌توان اثرات فرسایش و آب‌شستگی را کاهش داد. همچنین می‌توان ساختمان‌ها را به طور پیوسته دور از خطوط ساحلی و خارج از حریم نواحی ساحلی احداث نمود.

۶-۶-۳-۳ دیوارهای فرو ریزشی و تیغه‌های لازم به همراه اتصالات آنها به سازه برای فرو ریختن پیوسته به یک طرف باید برای بزرگترین بار ناشی از باد بر اساس فصل ۱۰، ناشی از زلزله بر اساس فصل ۱۱ و یا باری برابر ۰٫۵ کیلونیوتن بر مترمربع که به صورت عمودی به صفحه دیوار اثر می‌کند، طراحی شوند و نباید بارگذاری برای باری بیشتر از ۱ کیلونیوتن بر مترمربع انجام شود، مگر این‌که طراحی مطابق شرایط زیر باشد.

- فروریختن دیوار فرو ریزشی در اثر بار سیلی کمتر از آن‌چه که در طی سیل طرح اتفاق می‌افتد، طراحی شده باشد.
- تکیه‌گاه پی و بخش مرتفع ساختمان باید در مقابل فروریختن، تغییرمکان دائمی و سایر آسیب‌های سازه‌ای ناشی از اثرات بارهای سیل در ترکیب با دیگر بارها، همان طور که در فصل ۲ مشخص شده است، طراحی شده باشند.

۶-۶-۳-۴ طراحی سازه‌ای در مناطق ویژه خطر سیل بر مبنای سیل طرح صورت می‌پذیرد. بارهای ناشی از سیل شامل بارهای هیدرواستاتیک و هیدرودینامیک است. ارتفاع و بارهای موج شکننده وارد بر شمع‌کوبی‌های قائم، ستون‌ها و دیوارهای ساختمان و سایر سازه‌ها باید به منظور طراحی تعیین شوند.

۶-۶-۳-۵ بارهای ناشی از مواد زائد (نخاله)، یخ و هر شیء دیگری که توسط سیلاب انتقال پیدا کرده و به ساختمان‌ها و سازه‌ها یا بخش‌هایی از آن ضربه وارد می‌کنند، به عنوان بارهای ضربه‌ای محسوب شده و اثر آن باید به عنوان یک بار متمرکز افقی در بحرانی‌ترین محل، در نظر گرفته شود.

بار سیل در مبحث ششم ناقص می باشد و با اطلاعات فوق امکان محاسبه کامل بار سیل وجود ندارد. بار سیل برگرفته از ASCE7-2010 می باشد و علاقه مندان می توانند با ضوابط کامل بار سیل که در ادامه آمده است آشنا شوند:

Chapter 5
FLOOD LOADS

5.1 GENERAL

The provisions of this section apply to buildings and other structures located in areas prone to flooding as defined on a flood hazard map.

5.2 DEFINITIONS

The following definitions apply to the provisions of this chapter:

APPROVED: Acceptable to the authority having jurisdiction.

BASE FLOOD: The flood having a 1 percent chance of being equaled or exceeded in any given year.

BASE FLOOD ELEVATION (BFE): The elevation of flooding, including wave height, having a 1 percent chance of being equaled or exceeded in any given year.

BREAKAWAY WALL: Any type of wall subject to flooding that is not required to provide structural support to a building or other structure and that is designed and constructed such that, under base flood or lesser flood conditions, it will collapse in such a way that: (1) it allows the free passage of floodwaters, and (2) it does not damage the structure or supporting foundation system.

COASTAL A-ZONE: An area within a special flood hazard area, landward of a V-Zone or landward of an open coast without mapped V-Zones. To be classified as a Coastal A-Zone, the principal source of flooding must be astronomical tides, storm surges, seiches, or tsunamis, not riverine flooding, and the potential for breaking wave heights greater than or equal to 1.5 ft (0.46 m) must exist during the base flood.

COASTAL HIGH HAZARD AREA (V-ZONE): An area within a Special Flood Hazard Area, extending from offshore to the inland limit of a primary frontal dune along an open coast, and any other area that is subject to high-velocity wave action from storms or seismic sources. This area is designated on Flood Insurance Rate Maps (FIRMs) as V, VE, VO, or V1-30.

DESIGN FLOOD: The greater of the following two flood events: (1) the Base Flood, affecting those areas identified as Special Flood Hazard Areas on the community's FIRM; or (2) the flood corresponding to the area designated as a Flood Hazard Area on a community's Flood Hazard Map or otherwise legally designated.

DESIGN FLOOD ELEVATION (DFE): The elevation of the design flood, including wave height, relative to the datum specified on a community's flood hazard map.

FLOOD HAZARD AREA: The area subject to flooding during the design flood.

FLOOD HAZARD MAP: The map delineating Flood Hazard Areas adopted by the authority having jurisdiction.

FLOOD INSURANCE RATE MAP (FIRM): An official map of a community on which the Federal Insurance and Mitigation Administration has delineated both special flood hazard areas and the risk premium zones applicable to the community.

SPECIAL FLOOD HAZARD AREA (AREA OF SPECIAL FLOOD HAZARD): The land in the floodplain subject to a 1 percent or greater chance of flooding in any given year. These areas are delineated on a community's FIRM as A-Zones (A, AE, A1-30, A99, AR, AO, or AH) or V-Zones (V, VE, VO, or V1-30).

5.3 DESIGN REQUIREMENTS

5.3.1 Design Loads

Structural systems of buildings or other structures shall be designed, constructed, connected, and anchored to resist flotation, collapse, and permanent lateral displacement due to action of flood loads associated with the design flood (see Section 5.3.3) and other loads in accordance with the load combinations of Chapter 2.

5.3.2 Erosion and Scour

The effects of erosion and scour shall be included in the calculation of loads on buildings and other structures in flood hazard areas.

5.3.3 Loads on Breakaway Walls

Walls and partitions required by ASCE/SEI 24 to break away, including their connections to the structure, shall be designed for the largest of the

The local still water depth shall be calculated using Eq. 5.4-3, unless more advanced procedures or laboratory tests permitted by this section are used.

$$d_s = 0.65(\text{BFE} - G) \qquad (5.4\text{-}3)$$

where

BFE = BFE in ft (m)
G = ground elevation in ft (m)

5.4.4.1 Breaking Wave Loads on Vertical Pilings and Columns

The net force resulting from a breaking wave acting on a rigid vertical pile or column shall be assumed to act at the still water elevation and shall be calculated by the following:

$$F_D = 0.5\gamma_w C_D D H_b^2 \qquad (5.4\text{-}4)$$

where

F_D = net wave force, in lb (kN)
γ_w = unit weight of water, in lb per cubic ft (kN/m^3), = 62.4 pcf (9.80 kN/m^3) for fresh water and 64.0 pcf (10.05 kN/m^3) for salt water
C_D = coefficient of drag for breaking waves, = 1.75 for round piles or columns and = 2.25 for square piles or columns
D = pile or column diameter, in ft (m) for circular sections, or for a square pile or column, 1.4 times the width of the pile or column in ft (m)
H_b = breaking wave height, in ft (m)

5.4.4.2 Breaking Wave Loads on Vertical Walls

Maximum pressures and net forces resulting from a normally incident breaking wave (depth-limited in size, with $H_b = 0.78d_s$) acting on a rigid vertical wall shall be calculated by the following:

$$P_{max} = C_p\gamma_w d_s + 1.2\gamma_w d_s \qquad (5.4\text{-}5)$$

and

$$F_t = 1.1C_p\gamma_w d_s^2 + 2.4\gamma_w d_s^2 \qquad (5.4\text{-}6)$$

where

P_{max} = maximum combined dynamic ($C_p\gamma_w d_s$) and static ($1.2\gamma_w d_s$) wave pressures, also referred to as shock pressures in lb/ft^2 (kN/m^2)
F_t = net breaking wave force per unit length of structure, also referred to as shock, impulse, or wave impact force in lb/ft (kN/m), acting near the still water elevation
C_p = dynamic pressure coefficient ($1.6 < C_p < 3.5$) (see Table 5.4-1)

Table 5.4-1 Value of Dynamic Pressure Coefficient, C_p

Risk Category[a]	C_p
I	1.6
II	2.8
III	3.2
IV	3.5

[a]For Risk Category, see Table 1.5-1.

γ_w = unit weight of water, in lb per cubic ft (kN/m^3), = 62.4 pcf (9.80 kN/m^3) for fresh water and 64.0 pcf (10.05 kN/m^3) for salt water
d_s = still water depth in ft (m) at base of building or other structure where the wave breaks

This procedure assumes the vertical wall causes a reflected or standing wave against the waterward side of the wall with the crest of the wave at a height of $1.2d_s$ above the still water level. Thus, the dynamic static and total pressure distributions against the wall are as shown in Fig. 5.4-1.

This procedure also assumes the space behind the vertical wall is dry, with no fluid balancing the static component of the wave force on the outside of the wall. If free water exists behind the wall, a portion of the hydrostatic component of the wave pressure and force disappears (see Fig. 5.4-2) and the net force shall be computed by Eq. 5.4-7 (the maximum combined wave pressure is still computed with Eq. 5.4-5).

$$F_t = 1.1C_p\gamma_w d_s^2 + 1.9\gamma_w d_s^2 \qquad (5.4\text{-}7)$$

where

F_t = net breaking wave force per unit length of structure, also referred to as shock, impulse, or wave impact force in lb/ft (kN/m), acting near the still water elevation
C_p = dynamic pressure coefficient ($1.6 < C_p < 3.5$) (see Table 5.4-1)
γ_w = unit weight of water, in lb per cubic ft (kN/m^3), = 62.4 pcf (9.80 kN/m^3) for fresh water and 64.0 pcf (10.05 kN/m^3) for salt water
d_s = still water depth in ft (m) at base of building or other structure where the wave breaks

5.4.4.3 Breaking Wave Loads on Nonvertical Walls

Breaking wave forces given by Eqs. 5.4-6 and 5.4-7 shall be modified in instances where the walls or surfaces upon which the breaking waves act are

following loads acting perpendicular to the plane of the wall:

1. The wind load specified in Chapter 26.
2. The earthquake load specified in Chapter 12.
3. 10 psf (0.48 kN/m^2).

The loading at which breakaway walls are intended to collapse shall not exceed 20 psf (0.96 kN/m^2) unless the design meets the following conditions:

1. Breakaway wall collapse is designed to result from a flood load less than that which occurs during the base flood.
2. The supporting foundation and the elevated portion of the building shall be designed against collapse, permanent lateral displacement, and other structural damage due to the effects of flood loads in combination with other loads as specified in Chapter 2.

5.4 LOADS DURING FLOODING

5.4.1 Load Basis

In flood hazard areas, the structural design shall be based on the design flood.

5.4.2 Hydrostatic Loads

Hydrostatic loads caused by a depth of water to the level of the DFE shall be applied over all surfaces involved, both above and below ground level, except that for surfaces exposed to free water, the design depth shall be increased by 1 ft (0.30 m).

Reduced uplift and lateral loads on surfaces of enclosed spaces below the DFE shall apply only if provision is made for entry and exit of floodwater.

5.4.3 Hydrodynamic Loads

Dynamic effects of moving water shall be determined by a detailed analysis utilizing basic concepts of fluid mechanics.

EXCEPTION: Where water velocities do not exceed 10 ft/s (3.05 m/s), dynamic effects of moving water shall be permitted to be converted into equivalent hydrostatic loads by increasing the DFE for design purposes by an equivalent surcharge depth, d_h, on the headwater side and above the ground level only, equal to

$$d_h = \frac{aV^2}{2g} \qquad (5.4\text{-}1)$$

where

V = average velocity of water in ft/s (m/s)
g = acceleration due to gravity, 32.2 ft/s^2 (9.81 m/s^2)
a = coefficient of drag or shape factor (not less than 1.25)

The equivalent surcharge depth shall be added to the DFE design depth and the resultant hydrostatic pressures applied to, and uniformly distributed across, the vertical projected area of the building or structure that is perpendicular to the flow. Surfaces parallel to the flow or surfaces wetted by the tail water shall be subject to the hydrostatic pressures for depths to the DFE only.

5.4.4 Wave Loads

Wave loads shall be determined by one of the following three methods: (1) by using the analytical procedures outlined in this section, (2) by more advanced numerical modeling procedures, or (3) by laboratory test procedures (physical modeling).

Wave loads are those loads that result from water waves propagating over the water surface and striking a building or other structure. Design and construction of buildings and other structures subject to wave loads shall account for the following loads: waves breaking on any portion of the building or structure; uplift forces caused by shoaling waves beneath a building or structure, or portion thereof; wave runup striking any portion of the building or structure; wave-induced drag and inertia forces; and wave-induced scour at the base of a building or structure, or its foundation. Wave loads shall be included for both V-Zones and A-Zones. In V-Zones, waves are 3 ft (0.91 m) high, or higher; in coastal floodplains landward of the V-Zone, waves are less than 3 ft high (0.91 m).

Nonbreaking and broken wave loads shall be calculated using the procedures described in Sections 5.4.2 and 5.4.3 that show how to calculate hydrostatic and hydrodynamic loads.

Breaking wave loads shall be calculated using the procedures described in Sections 5.4.4.1 through 5.4.4.4. Breaking wave heights used in the procedures described in Sections 5.4.4.1 through 5.4.4.4 shall be calculated for V-Zones and Coastal A-Zones using Eqs. 5.4-2 and 5.4-3.

$$H_b = 0.78 d_s \qquad (5.4\text{-}2)$$

where

H_b = breaking wave height in ft (m)
d_s = local still water depth in ft (m)

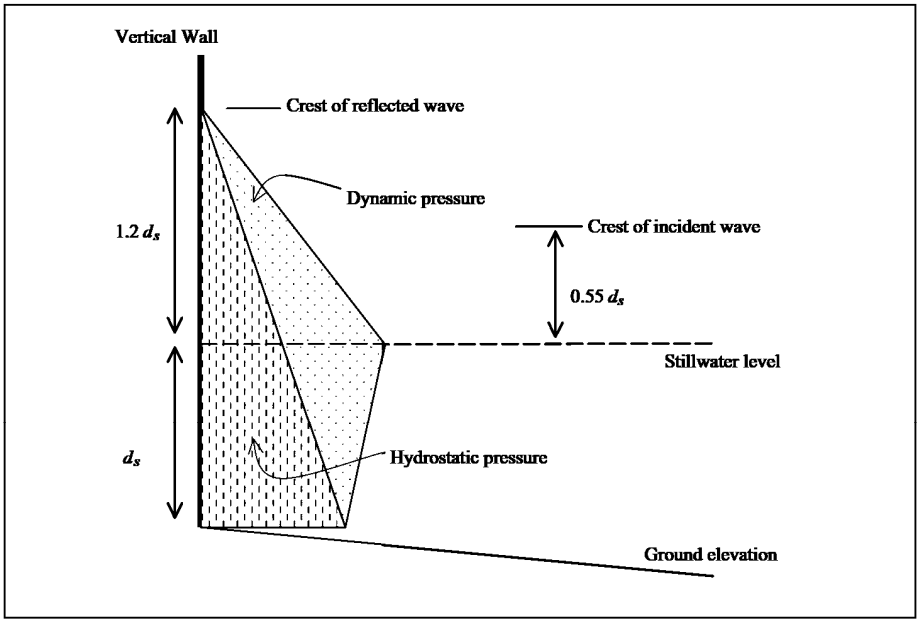


FIGURE 5.4-1 Normally Incident Breaking Wave Pressures against a Vertical Wall (Space behind Vertical Wall is Dry).

nonvertical. The horizontal component of breaking wave force shall be given by

$$F_{nv} = F_t \sin^2\alpha \qquad (5.4\text{-}8)$$

where

F_{nv} = horizontal component of breaking wave force in lb/ft (kN/m)
F_t = net breaking wave force acting on a vertical surface in lb/ft (kN/m)
α = vertical angle between nonvertical surface and the horizontal

5.4.4.4 Breaking Wave Loads from Obliquely Incident Waves

Breaking wave forces given by Eqs. 5.4-6 and 5.4-7 shall be modified in instances where waves are obliquely incident. Breaking wave forces from non-normally incident waves shall be given by

$$F_{oi} = F_t \sin^2\alpha \qquad (5.4\text{-}9)$$

where

F_{oi} = horizontal component of obliquely incident breaking wave force in lb/ft (kN/m)
F_t = net breaking wave force (normally incident waves) acting on a vertical surface in lb/ft (kN/m)
α = horizontal angle between the direction of wave approach and the vertical surface

5.4.5 Impact Loads

Impact loads are those that result from debris, ice, and any object transported by floodwaters striking against buildings and structures, or parts thereof. Impact loads shall be determined using a rational approach as concentrated loads acting horizontally at the most critical location at or below the DFE.

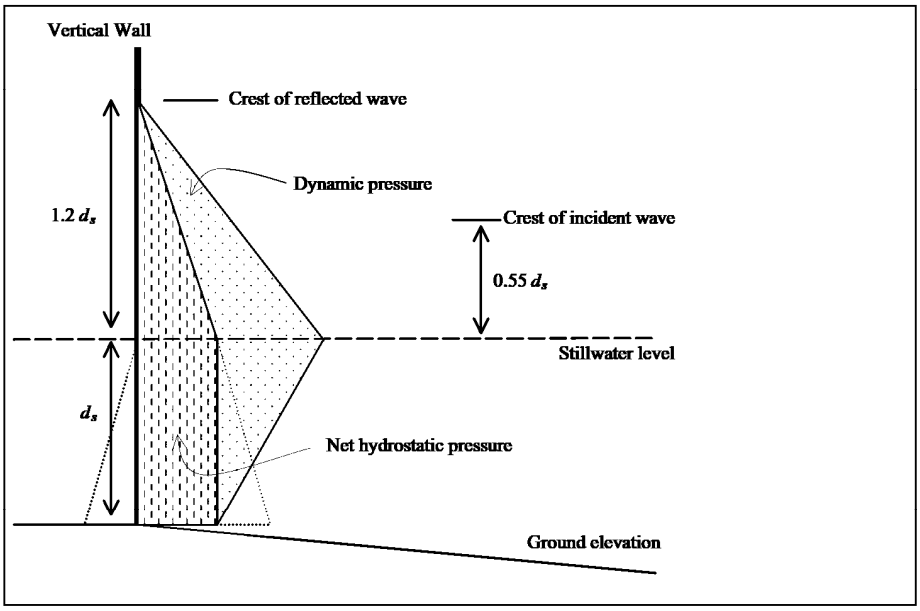


FIGURE 5.4-2 Normally Incident Breaking Wave Pressures against a Vertical Wall (Still Water Level Equal on Both Sides of Wall).

5.5 CONSENSUS STANDARDS AND OTHER REFERENCED DOCUMENTS

This section lists the consensus standards and other documents that are adopted by reference within this chapter:

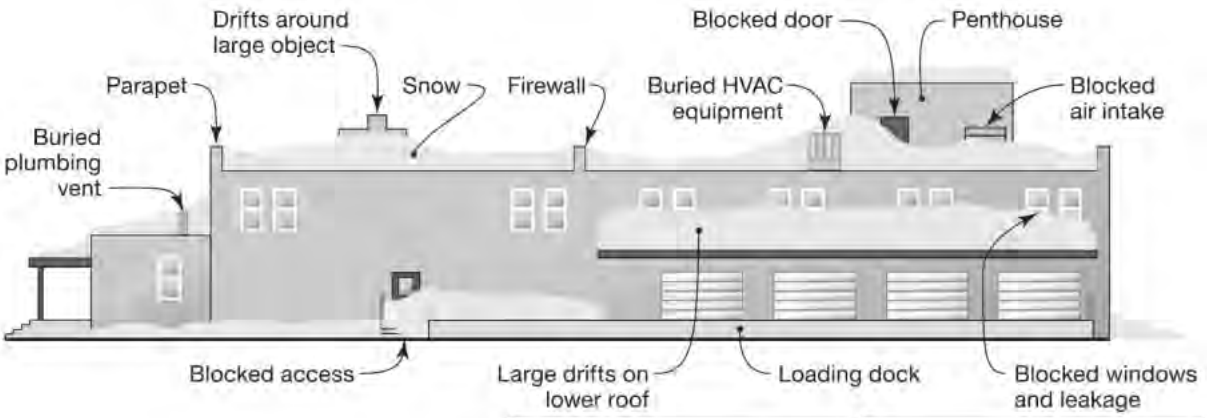
ASCE/SEI
American Society of Civil Engineers
Structural Engineering Institute
1801 Alexander Bell Drive
Reston, VA 20191-4400

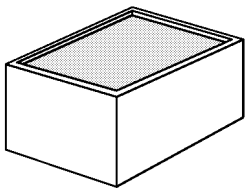
ASCE/SEI 24
Section 5.3.3
Flood Resistant Design and Construction, 1998

۶-بار برف

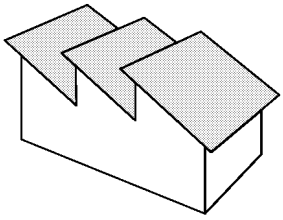
- بار برف زمین Pg
- بار برف بام (بار برف متوازن) Pr
- بار برف حداقل برای بامهای با شیب کم Pm
- بار برف جزئی
- بار برف نامتوازن
- انباشتگی برف در بام پایین تر
- بار برف لغزنده
- سربار باران بر برف

۶-۱- مفاهیم

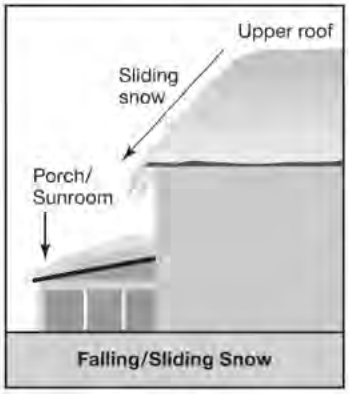


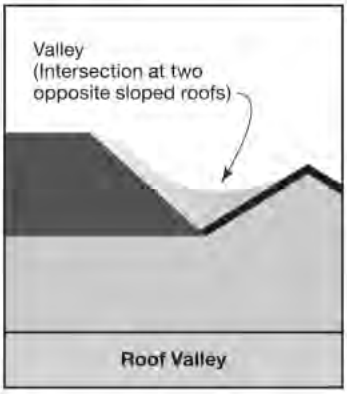


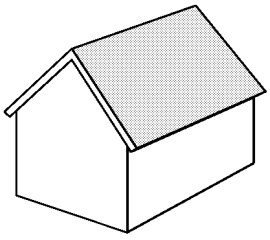
بام تخت



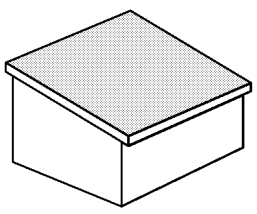
بام شیب دار دندانه ای



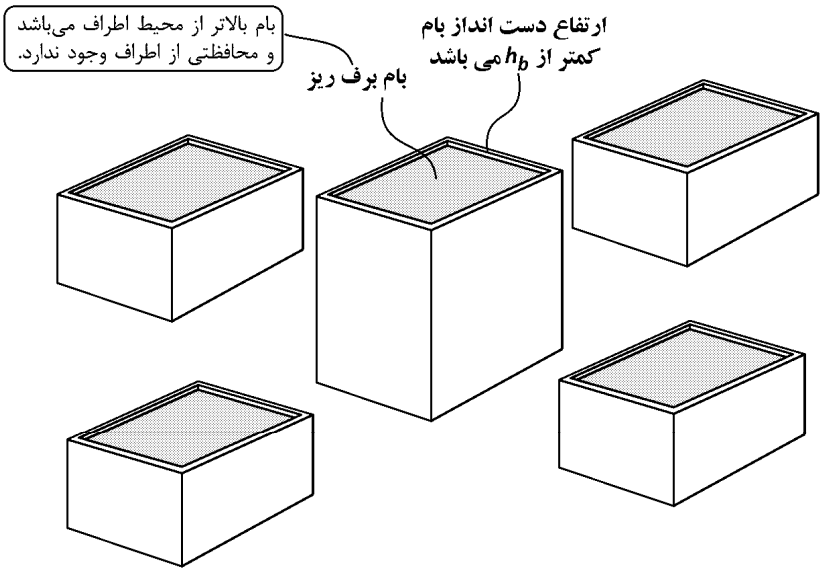


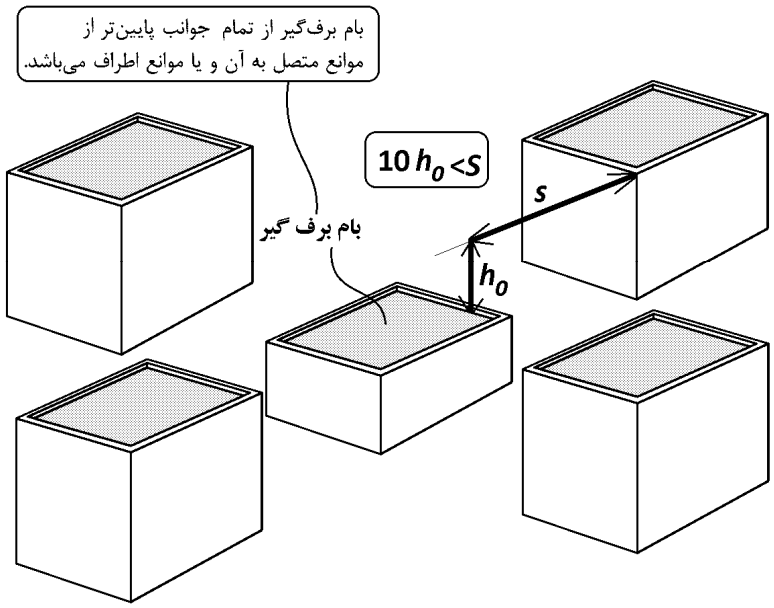


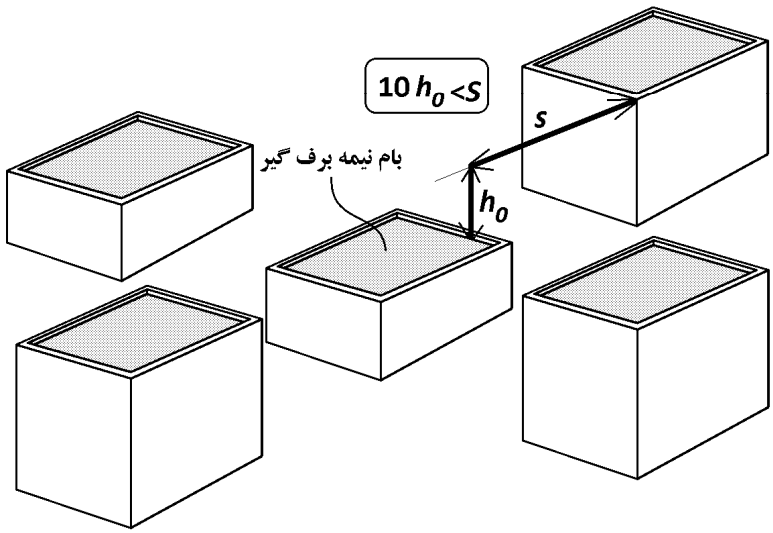
با با شیب دو طرفه



بام با شیب یک طرفه


بام بالاتر از محیط اطراف می‌باشد
و محافظتی از اطراف وجود ندارد.
بام برف ریز
ارتفاع دست انداز بام
کمتر از h_b می باشد


بام برف‌گیر از تمام جوانب پایین‌تر از
موانع متصل به آن و یا موانع اطراف می‌باشد.
$10\,h_0 < S$
بام برف گیر
S
h_0


$10\,h_0 < S$
بام نیمه برف گیر
S
h_0

۶-۲- بار برف زمین

بار برف زمین، P_g ، وزن لایه برف بر روی سطح افقی زمین است که، بر اساس آمار موجود در منطقه، احتمال تجاوز از آن در سال دو درصد باشد (دوره بازگشت ۵۰ سال).

بار برف زمین در مناطق مختلف کشور را باید با توجه به تقسیم‌بندی مشخص شده در جدول ۶-۷-۱ و یا شکل ۶-۷-۱، حداقل برابر با مقادیر زیر درنظر گرفت:

منطقه ۱- برف بسیار کم (نادر)	۰/۲۵ کیلونیوتن بر متر مربع
منطقه ۲- برف کم	۰/۵ کیلونیوتن بر متر مربع
منطقه ۳- برف متوسط	۱ کیلونیوتن بر متر مربع
منطقه ۴ – برف زیاد	۱/۵ کیلونیوتن بر متر مربع
منطقه ۵ – برف سنگین	۲ کیلونیوتن بر متر مربع
منطقه ۶- برف فوق سنگین	۳ کیلونیوتن بر متر مربع

این بار را می‌توان با انجام مطالعات دقیق‌تر آماری برای منطقه مورد نظر نیز تعیین نمود، ولی مقدار آن نباید کمتر از مقادیر فوق درنظر گرفته شود مگر آنکه به تأیید سازمان هواشناسی کشور برسد.

جدول ۶-۷-۱ تقسیم‌بندی شهرهای کشور از نظر بار برف

ردیف	شهر	منطقه	ردیف	شهر	منطقه
۱	آستارا	۵	۳۱	بوشهر	۱
۲	اراک	۴	۳۲	بیجار	۴
۳	اردبیل	۵	۳۳	بیرجند	۲
۴	اردستان	۲	۳۴	پیرانشهر	۵
۵	ارومیه	۴	۳۵	تبریز	۴
۶	اسلام آباد غرب	۴	۳۶	تربت جام	۴
۷	اصفهان	۳	۳۷	تربت حیدریه	۳
۸	الیگودرز	۵	۳۸	تکاب	۴
۹	امیدیه	۱	۳۹	تهران جنوب	۴
۱۰	انار	۲	۴۰	تهران شمال	۴
۱۱	اهر	۴	۴۱	جاسک	۱
۱۲	اهواز	۲	۴۲	جلفا	۴
۱۳	ایرانشهر	۱	۴۳	جیرفت	۲
۱۴	ایلام	۴	۴۴	چابهار	۱
۱۵	ایوان غرب	۳	۴۵	خاش	۱
۱۶	آبادان	۲	۴۶	خدابنده	۴
۱۷	آباده	۳	۴۷	خرم آباد	۴
۱۸	آبعلی	۵	۴۸	خرم دره	۴
۱۹	آستانه اشرفیه	۵	۴۹	خلخال	۵
۲۰	انزلی	۴	۵۰	خور بیابانک	۱
۲۱	بافت	۳	۵۱	خور بیرجند	۲
۲۲	بافق	۲	۵۲	خوی	۴
۲۳	بانه	۵	۵۳	داران	۵
۲۴	بجنورد	۴	۵۴	درود	۵
۲۵	بروجرد	۴	۵۵	دزفول	۳
۲۶	بستان	۲	۵۶	دهلران	۳
۲۷	بشرویه	۲	۵۷	دوگنبدان	۲
۲۸	بم	۲	۵۸	رامسر	۴
۲۹	بندرعباس	۱	۵۹	رامهرمز	۲
۳۰	بندر لنگه	۱	۶۰	رباط پشت بام	۲

ادامه جدول ۶-۷-۱ تقسیم‌بندی شهرهای کشور از نظر بار برف

ردیف	شهر	منطقه	ردیف	شهر	منطقه
۶۱	رشت	۵	۹۱	کاشان	۳
۶۲	رفسنجان	۳	۹۲	کاشمر	۲
۶۳	روانسر	۴	۹۳	کرج	۴
۶۴	زابل	۲	۹۴	کرمان	۳
۶۵	زرینه اوباتو	۵	۹۵	کرمانشاه	۴
۶۶	زنجان	۴	۹۶	کنگاور	۴
۶۷	سبزوار	۳	۹۷	کهنوج	۱
۶۸	سراب	۴	۹۸	کوهرنگ	۶
۶۹	سراوان	۱	۹۹	گرگان	۳
۷۰	سرپل ذهاب	۳	۱۰۰	گرمسار	۳
۷۱	سرخس	۳	۱۰۱	گلپایگان	۵
۷۲	سردشت	۶	۱۰۲	گلمکان	۴
۷۳	سقز	۵	۱۰۳	گناباد	۲
۷۴	سمنان	۳	۱۰۴	لار	۱
۷۵	سنندج	۴	۱۰۵	ماکو	۴
۷۶	سیرجان	۴	۱۰۶	مراغه	۴
۷۷	شاهرود	۳	۱۰۷	مریوان	۵
۷۸	شهر بابک	۳	۱۰۸	مسجدسلیمان	۳
۷۹	شهر کرد	۴	۱۰۹	مشهد	۴
۸۰	شیراز	۳	۱۱۰	ملایر	۴
۸۱	طبس	۲	۱۱۱	مهاباد	۴
۸۲	فردوس	۲	۱۱۲	میانه	۴
۸۳	فسا	۳	۱۱۳	نایین	۲
۸۴	فیروز کوه	۴	۱۱۴	نهاوند	۴
۸۵	قائن	۲	۱۱۵	نهبندان	۲
۸۶	قراخیل	۴	۱۱۶	نیشابور	۴
۸۷	قروه	۴	۱۱۷	همدان	۴
۸۸	قزوین	۴	۱۱۸	همدان نوژه	۴
۸۹	قم	۳	۱۱۹	یاسوج	۴
۹۰	قوچان	۴	۱۲۰	یزد	۲

۶-۳- بار برف متوازن

۶-۷-۲ بار برف بام

بار برف بر روی بام، P_r ، با توجه به شیب و دمای بام، برف‌گیری، و اهمیت سازه، برای هر متر مربع تصویر افقی سطح آن، به کمک رابطه ۶-۷-۱ تعیین می‌شود:

$$P_r = ۰/۷ C_s C_t C_e I_s P_g \qquad (۱-۷-۶)$$

که در آن:

I_s = ضریب اهمیت طبق بخش ۶-۷-۳

C_e = ضریب برف‌گیری طبق بخش ۶-۷-۴

C_t= ضریب شرایط دمایی طبق بخش ۶-۷-۵

C_s = ضریب شیب طبق بخش ۶-۷-۶

می‌باشند. بار برف P_r بیانگر بار برف متوازن می‌باشد که به عنوان یک امکان بارگذاری برف درنظر گرفته می‌شود. امکان‌های دیگر باربرف شامل بار برف حداقل طبق بند ۶-۷-۲-۱، بار برف جزیی طبق بخش ۶-۷-۷، بار برف نامتوازن طبق بخش ۶-۷-۸، بار انباشتگی برف طبق بخش ۶-۷-۹، و بار برف لغزنده طبق بخش ۶-۷-۱۱ می‌باشد.

۶-۷-۴ ضریب برف‌گیری C_e

اثر ناهمواری محیط و ساخت و ساز اطراف و میزان برف‌گیری بام ساختمان به کمک ضریب برف‌گیری، C_e ، حاصل از جدول ۶-۷-۲، درنظر گرفته می‌شود.

در حالت برف‌ریز، بام بالاتر از محیط اطراف می‌باشد و محافظتی از اطراف وجود ندارد. اگر بر روی بام، واحدهای تأسیساتی بزرگ مستقر بوده و یا ارتفاع دست‌انداز بام و سایر برجستگی‌ها از روی بام بیشتر از ارتفاع برف متوازن، $h_b = P_r / \gamma$، باشد آن بام نمی‌تواند در گروه برف‌ریز قرار گیرد. موانع اطراف ساختمان تا فاصله ده برابر h_o می‌توانند برای برف بام آن ساختمان محافظت ایجاد کرده و در آن صورت بام را نمی‌توان برف‌ریز دانست. h_o، فاصله قائم از روی مانع بالاتر تا روی بام می‌باشد. وزن مخصوص برف، γ، را می‌توان از رابطه ۶-۷-۳ محاسبه کرد.

$$\gamma = ۰/۴۳ P_g + ۲/۲ \quad \text{کیلونیوتن بر متر مکعب} \qquad (۳-۷-۶)$$

مقدار γ لازم نیست بیشتر از ۴/۷ کیلونیوتن بر متر مکعب در نظر گرفته شود. بام برف‌گیر از تمام جوانب پایین‌تر از موانع متصل به آن و یا موانع اطراف می‌باشد. بام‌های غیر برف‌گیر و غیر برف‌ریز بام‌های نیمه برف‌گیر محسوب می‌شوند. گروه ناهمواری محیط طبق بند ۶-۷- ۴-۱ تعیین می‌شود. گروه ناهمواری محیط و ضریب برف‌گیری باید بیانگر شرایط پیش‌بینی شده در دوره عمر مفید ساختمان مورد نظر باشند.

جدول ۶-۷-۲ ضریب برف‌گیری، C_e

گروه ناهمواری محیط	بام برف‌ریز	بام نیمه برف‌گیر	بام برف‌گیر
زیاد	۰/۹	۱/۰	۱/۲
متوسط	۰/۹	۱/۰	۱/۱
کم	۰/۸	۰/۹	۱/۰

۶-۷-۴-۱ گروه ناهمواری محیط

برای هر جهت باد، گروه ناهمواری محیط بر اساس مشخصات هریک از دو قطاع ۴۵ درجه در دو طرف جهت مورد نظر باد تعیین و هرکدام که بیشترین اثر را دارد انتخاب می‌شود. سه گروه ناهمواری محیط به صورت زیر تعریف می‌شوند:

- گروه ناهمواری زیاد - محیط شهری و حومه شهری، محیط باغ، جنگل و سایر محیط‌های شامل ناهمواری و موانع متعدد و متراکم با ارتفاع ۹ متر یا بیشتر
- گروه ناهمواری متوسط- محیط با موانع پراکنده با ارتفاع عموماً کمتر از ۹ متر
- گروه ناهمواری کم - محیط مستوی بدون موانع از قبیل دریا و دریاچه، باتلاق و نمکزار

در نظر گرفتن چهار جهت باد متفاوت منطبق بر دو امتداد متعامد کافی می‌باشد.

۶-۷-۵ ضریب شرایط دمایی C_t

ضریب شرایط دمایی، C_t، از جدول ۶-۷-۳، با توجه به شرایط مورد انتظار ساختمان در سال‌های عمر مفید، تعیین می‌شود.

جدول ۶-۷-۳ ضریب شرایط دمایی، C_t

تمام ساختمان‌های به‌جز موارد زیر	۱/۰
سازه‌هایی که همیشه در دمای کمی بالاتر از صفر درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شوند.	۱/۱
سازه‌های با زیر بام باز و سازه‌های بدون گرمایش	۱/۲
سازه‌هایی که همیشه دمای آنها زیر صفر درجه نگهداشته می‌شود	۱/۳

۶-۷-۶ ضریب شیب C_s

برای بام‌های مسطح، ضریب شیب، C_s، برابر واحد می‌باشد. برای بام‌های شیب‌دار ضریب شیب بر حسب زاویه شیب، α، به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

$C_s = ۱/۰$ $\quad \alpha \le \alpha_o$ $\quad$ (۶-۷-۴-الف)،

$C_s = ۱ - \dfrac{\alpha - \alpha_o}{۷۰ - \alpha_o}$ $\quad \alpha_o < \alpha < ۷۰^\circ$ $\quad$ (۶-۷-۴- ب)،

$C_s = ۰$ $\quad \alpha \ge ۷۰^\circ$ $\quad$ (۶-۷-۴- پ)،

زاویه α_o، طبق بند ۶-۷-۶-۱، با توجه به شرایط سطح شیب‌دار مشخص می‌شود.

۶-۷-۶-۱ اگر سطح بام لغزنده بوده و لغزش برف بر روی سطح شیب‌دار بدون مانع باشد و همچنین فضای کافی پایین‌تر از لبه بام برای پذیرش برف موجود باشد، مقدار α_o برای C_t=۱ برابر پنج درجه، برای C_t= ۱/۱ برابر ده درجه و برای مقادیر بیشتر C_t برابر پانزده درجه خواهد بود. بام‌های لغزنده شامل پوشش‌های فلزی، سنگ برگ، شیشه‌ای و پوشش لاستیکی، پلاستیکی و قیراندود با سطوح صاف و هموار می‌باشد. غشاهای دارای سطوح آجدار را نمی‌توان صاف دانست. ورقه‌های پوشش آسفالتی و چوبی لغزنده محسوب نمی‌شوند.

در صورت عدم وجود شرایط لغزنده و مانع‌دار بودن بام، مقدار α_o برای C_t=۱ برابر ۳۰ ° و برای C_t های بیشتر برابر ۴۵ ° می‌باشد.

۶-۷-۶-۲ در بام‌های قوسی ضریب اثر شیب باید با توجه به شیب قوس در طول آن تعیین گردد. برای این منظور کافی است قوس به صورت یک چند ضلعی درنظر گرفته شود و ضریب اثر شیب برای هر یک از اضلاع بر حسب زاویه ضلع با افق و بر طبق بند ۶-۷-۶-۱ تعیین گردد. تعداد قطعات در هر نیمه قوس نباید از سه قطعه کمتر باشد. برای قسمت‌های با شیب بیشتر از هفتاد درجه بار برف درنظر گرفته نشده و این نواحی جزو تقسیمات قوس درنظر گرفته نمی‌شود.

۶-۷-۶-۳ برای بام‌های کنگره‌ای و شیب‌دار دندانه‌ای ضریب شیب برای کلیه سطوح برابر یک خواهد بود.

۶-۷-۶-۴ بر روی طره لبه پایین بام، که امکان تجمع برف وجود خواهد داشت، از ضریب یک برای C_s و C_t استفاده شده ولی مقدار P_r در ناحیه تجمع برف دو برابر می‌شود. عرض ناحیه تجمع برف برابر طول طره خواهد بود ولی مقدار آن از بر دیوار زیر سقف به سمت بیرون را لازم نیست بیشتر از ۱/۵ متر درنظر گرفت.

$$\text{بام شیب دار} \rightarrow \begin{cases} \text{بام لغزنده بدون مانع} \rightarrow \begin{cases} C_t = 1 \rightarrow \alpha_0 = 5^0 \\ C_t = 1.1 \rightarrow \alpha_0 = 10^0 \\ C_t \ge 1.2 \rightarrow \alpha_0 = 15^0 \end{cases} \\ \text{بام غیر لغزنده و یا مانع دار} \rightarrow \begin{cases} C_t = 1 \rightarrow \alpha_0 = 30^0 \\ C_t \ge 1.1 \rightarrow \alpha_0 = 45^0 \end{cases} \end{cases}$$

$$\text{بام تخت} \rightarrow C_s = 1$$

$$\text{بام های کنگره ای و شیب دار دندانه ای} \rightarrow C_s = 1$$

۶-۴- بار برف حداقل

۶-۷-۲-۱ بار برف حداقل برای بام‌های با شیب کم

برای بام‌های شیب‌دار با شیب کمتر از پانزده درجه و برای بام‌های قوسی با زاویه قائم بین تاج و پای قوس کمتر از ده درجه باید بار حداقل، P_m ، طبق رابطه ۶-۷-۲، نیز بطور جداگانه درنظر گرفته شود.

(۶-۷-۲-الف) برای $P_g \leq ۱ \ kN/m^۲$ $P_m = I_s P_g$

(۶-۷-۲-ب) برای $P_g > ۱ \ kN/m^۲$ $P_m = I_s$

بار برف حداقل، یک امکان بار برف یکنواخت جداگانه محسوب می‌شود. در تعیین و ترکیب با حالت‌های بار برف متوازن، برف جزیی، برف نامتوازن، برف انباشتگی و برف لغزنده، بار برف حداقل درنظر گرفته نمی‌شود.

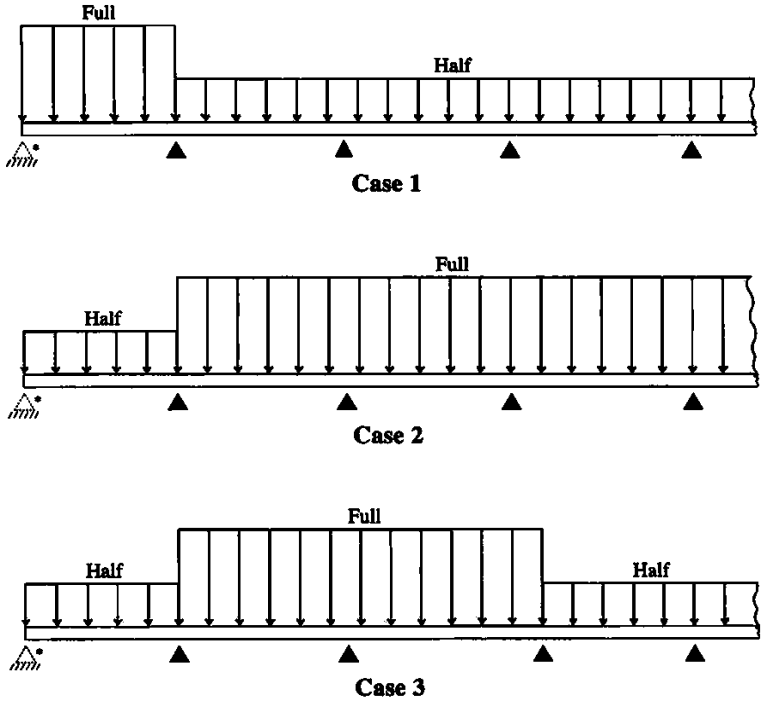
۶-۵- بارگذاری جزئی

۶-۷-۷ بارگذاری جزیی

اثر لحاظ بار برف متوازن، P_r ، فقط بر روی برخی از دهانه‌ها و مقدار P_r ۰/۵ برای سایر قسمت‌ها باید بررسی شود. برای تیرهای ممتد چند دهانه، سه حالت زیر درنظر گرفته شود:

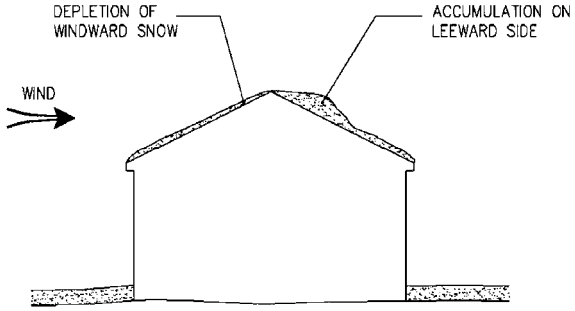
- بار کامل متوازن برف بر روی هر یک از دهانه‌های انتهایی و نیم‌بار متوازن بر روی سایر دهانه‌ها
- نیم بار متوازن برف بر روی هر یک از دهانه‌های انتهایی و بار کامل متوازن بر روی سایر دهانه‌ها
- تمام ترکیب‌های ممکن بار کامل متوازن بر روی دو دهانه مجاور و نیم‌بار متوازن بر روی سایر دهانه‌ها

طره به صورت یک دهانه جداگانه لحاظ می‌شود. اعمال ضوابط این بخش برای اعضای عمود بر خط‌الراس سقف شیب‌دار دو طرفه با شیب بیشتر از چهار درصد ضروری نیست. برای سایر انواع پوشش‌های بام، امکان ایجاد اثر بیشتر ناشی از بارگذاری جزیی، از طریق کاهش بار برف متوازن به نصف در بخش‌هایی از بام باید بررسی شود.



* The left supports are dashed since they would not exist when a cantilever is present.

۶-۶- بارگذاری نامتوازن



۶-۷-۸ بارگذاری نامتوازن

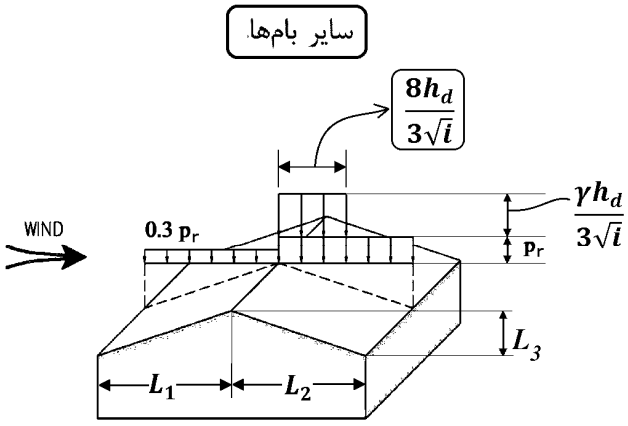
بارگذاری متوازن و نامتوازن برف بطور جداگانه درنظر گرفته می‌شوند. در تعیین بار نامتوازن امکان وزش باد از تمام جوانب باید بررسی شود.

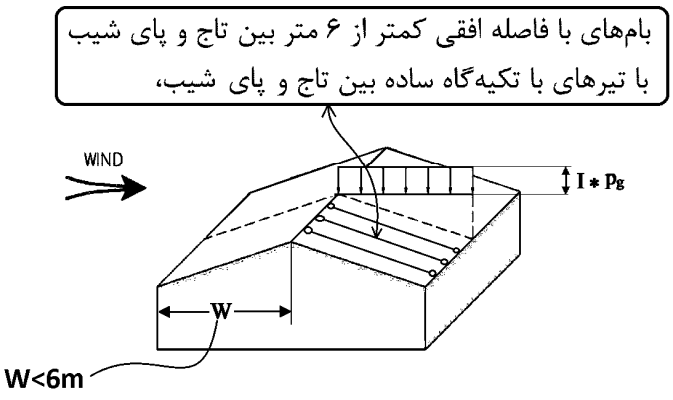
۶-۷-۸-۱ بار نامتوازن برف برای بام‌های با شیب دو و یا چند طرفه

درنظر گرفتن بار نامتوازن برف برای بام‌های با شیب کمتر از ۴٪ و شیب بیشتر از ۶۰٪ لازم نیست. برای بام‌های با فاصله افقی کمتر از ۶ متر بین تاج و پای شیب با تیرهای با تکیه‌گاه ساده بین تاج و پای شیب، بار نامتوازن یکنواخت برف در حالت پشت به باد با شدت I_sP_g درنظر گرفته شده و قسمت رو به باد بدون بار برف درنظر گرفته شود. برای سایر بام‌ها، بار نامتوازن شامل بار گسترده $0.3P_r$ در سمت بادگیر و در سمت پشت به باد P_r به اضافه سربار به شدت بر واحد سطح افقی برابر $\gamma h_d \sqrt{i}$ و در فاصله افقی $8h_d/(3\sqrt{i})$ از تاج شیب به سمت پای شیب خواهد بود. i ، بیانگر شیب سقف (تانژانت زاویه شیب) می‌باشد. ارتفاع انباشت برف، h_d، بر حسب متر، از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$h_d = 0.12\sqrt[3]{l_u}\sqrt[4]{100P_g + 50} - 0.5 \qquad (۶-۷-۵)$$

در رابطه فوق، l_u فاصله افقی تاج تا پای شیب در قسمت رو به باد بر حسب متر می‌باشد. برای طول افقی ناحیه پشت به باد کمتر از ۶ متر، از مقدار ۶ متر برای l_u استفاده شود.





$$l_u: \begin{cases} L_2 < 6m \rightarrow l_u = 6m \\ L_2 \geq 6m \rightarrow l_u = L_1 \end{cases}$$

$$i = \frac{L_3}{L_2}$$

$$h_d = 0.12\sqrt[3]{l_u}\sqrt[4]{100P_g + 50} - 0.5$$

$$\gamma = 0.43P_g + 2.2 \quad \text{کیلونیوتن بر متر مکعب}$$

۶-۷-۸-۲ بار نامتوازن برف برای بام‌های قوسی

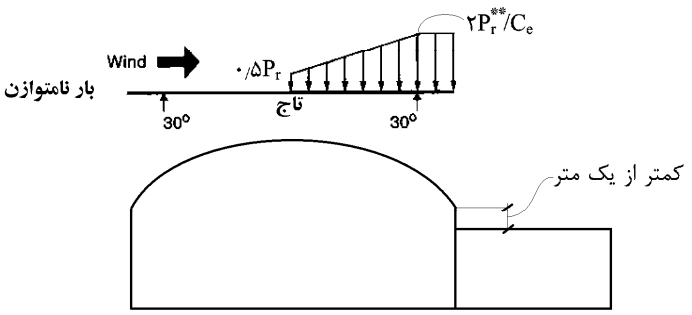
برای بخش‌هایی از بام با شیب بیشتر از ۷۰ درجه بار برف لحاظ نخواهد شد. اگر شیب خط رابط از تاج به پای قوس (یا نقطه با شیب ۷۰ درجه در صورت وجود) کمتر از ده درجه و یا بیشتر از ۶۰ درجه باشد، لحاظ بار نامتوازن ضروری نیست. برای بخش رو به باد بار برف درنظر گرفته نخواهد شد و برای قسمت پشت به باد توزیع بار برف نامتوازن بصورت زیر خواهد بود:

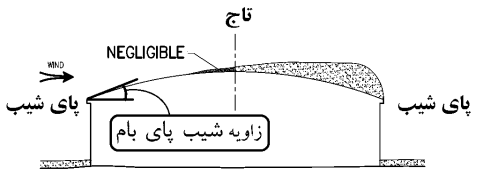
الف- اگر شیب پای بام کمتر یا برابر ۳۰ درجه باشد، مقدار شدت بار در تصویر افقی بام در پای شیب از مقدار $۲P_r/C_e$، محاسبه شده برای شیب پای بام، بطور خطی به مقدار $۰/۵P_r$ ، با لحاظ C_s=۱، در تاج کاهش خواهد یافت.

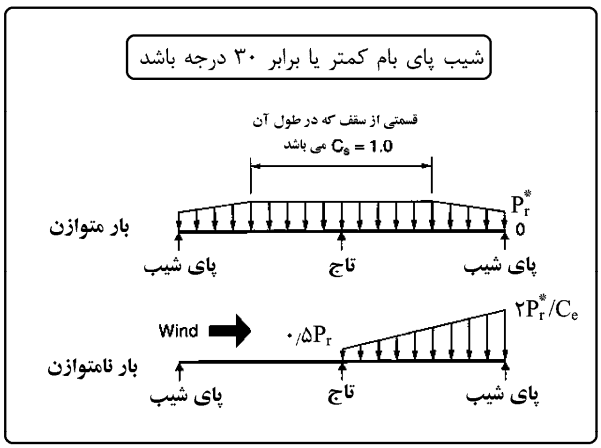
ب- اگر شیب پای بام بین ۳۰ و ۷۰ درجه باشد، مقدار شدت بار برف در تصویر افقی بام از $۰/۵\ P_r$ (با Cs=۱) در تاج بطور خطی تا مقدار $۲P_r/C_e$ (محاسبه شده برای شیب ۳۰ درجه) در محل شیب ۳۰ درجه افزایش داده شده و سپس به مقدار $۲P_r/c_e$ در پای بام (محاسبه شده برای شیب پای بام) به‌طور خطی کاهش داده می‌شود.

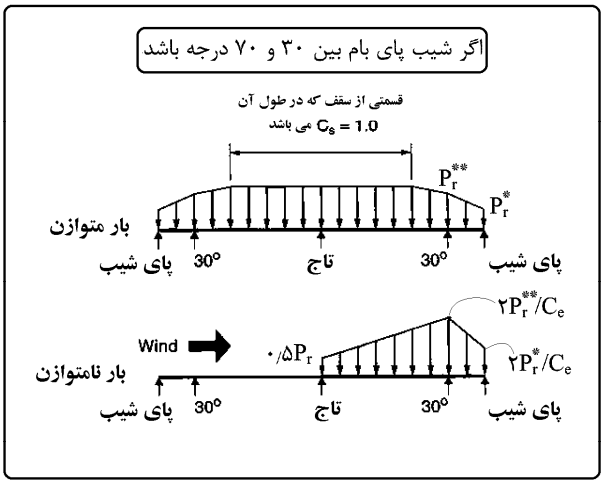
پ- اگر شیب پای بام بیشتر از ۷۰ درجه باشد. برای ناحیه پایین‌تر از شیب ۷۰ درجه بار برف صفر در نظر گرفته شده و برای بقیه بام مطابق حالت ب عمل خواهد شد.

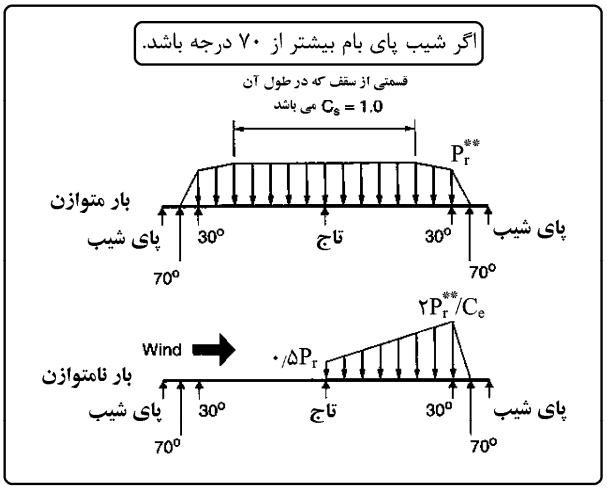
اگر در کمتر از یک متری پای بام زمین و یا بام دیگری قرار دارد، برای دو حالت ب و پ، مقدار شدت بار برف برای ناحیه با شیب بیشتر از ۳۰ درجه کاهش داده نشده و برابر مقدار محاسبه شده در شیب ۳۰ درجه تا لبه بام در نظر گرفته خواهد شد.







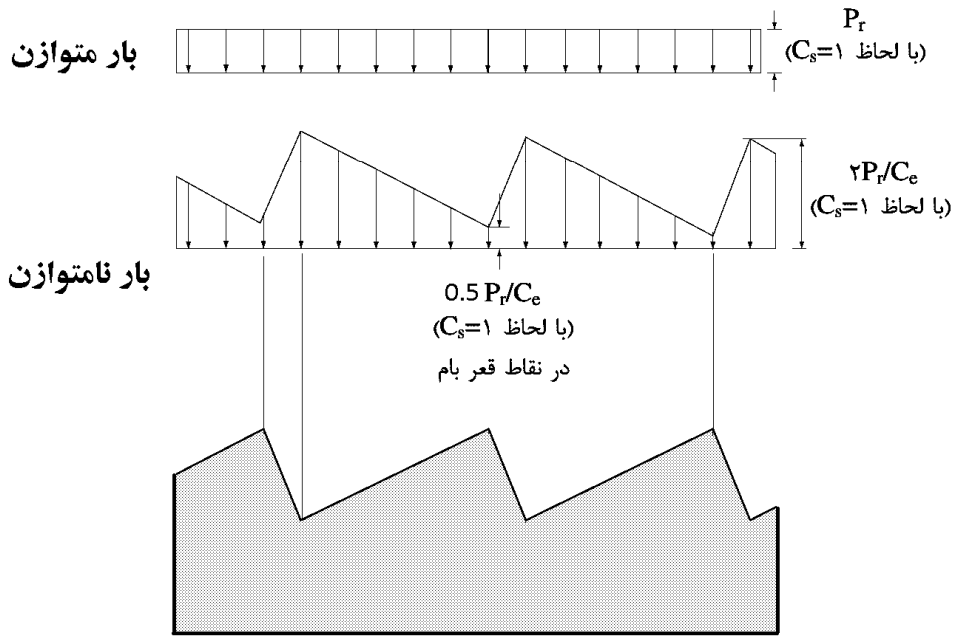




* برای محاسبه Pr و Cs از شیب انتها (پای شیب) استفاده نمایید.
** برای محاسبه Pr و Cs از شیب 30° استفاده نمایید.

۶-۷-۸-۳ بار نامتوازن بار برف برای بام‌های دندانه‌دار، کنگره‌ای، و تاوه چین‌دار

برای اینگونه بام‌ها، اگر دارای شیب بیشتر از ۳ درصد باشند، بار برف نامتوازن درنظر گرفته می‌شود. مقدار بار متوازن، برای اینگونه بام‌ها، برابر P_r با لحاظ C_s=۱ می‌باشد (بند ۶-۷-۶-۳). شدت بار برف نامتوازن، در تصویر افقی، از نصف مقدار بار برف متوازن در نقاط تاج بطور خطی به مقدار $2P_r/C_e$ در نقاط قعر بام (با لحاظ C_s=۱) افزایش می‌یابد. تراز برف معادل حساب شده در نقاط قعر لازم نیست از تراز برف در نقاط تاج بیشتر باشد.



۶-۷-۸-۴ بار نامتوازن برای گنبد

گنبد و یا پوشش‌های مدور مشابه به چهار ربع (قطاع نود درجه) در پلان تقسیم شده و هرقطاع نود درجه به‌طور جداگانه، مشابه بند ۶-۷-۸-۲، بصورت پشت به باد بارگذاری می‌شود. از هر لبه مشترک قطاع نود درجه مورد نظر با قطاع نود درجه مجاور، بار برف به تدریج تا مقدار صفر در میانه قطاع مجاور کاهش داده می‌شود. زاویه کل قطاع بارگذاری شده پشت به باد در مجموع ۱۳۵ درجه خواهد بود. برای قطاع رو به باد باقی مانده با زاویه کل ۲۲۵ در پلان بار برف لحاظ نخواهد شد.

7.6.4 Unbalanced Snow Loads for Dome Roofs

Unbalanced snow loads shall be applied to domes and similar rounded structures. Snow loads, determined in the same manner as for curved roofs in Section 7.6.2, shall be applied to the downwind 90° sector in plan view. At both edges of this sector, the load shall decrease linearly to zero over sectors of 22.5° each. There shall be no snow load on the remaining 225° upwind sector.

محاسبات ۹۳

۱۸- محوطه حیاط یک ساختمان اداری در تهران که از هر چهارطرف توسط ساختمان‌های ۶ طبقه احاطه شده، قرار است با سقف سبک پوشانیده شود. زیر سقف بام باز و بدون گرمایش می‌باشد و پوشش بدون شیب است. اگر سطح بارگیر هریک از ستونهای پوشش 36 مترمربع باشد، مقدار بار برف متوازن هر ستون، بر حسب کیلونیوتن به کدام مقدار زیر نزدیکتر است؟

۱) 40 ۲) 45 ۳) 54 ۴) 60

گزینه ۳

بام بدون شیب است:

$$C_s = 1$$

زیر سقف بام باز است:

$$C_t = 1.2$$

بام برف گیر بوده و در داخل شهر می باشد:

$$C_e = 1.2$$

بار متوازن برف برابر خواهد بود با:

$$P_r = 0.7 \times 1 \times 1.2 \times 1.2 \times 1 \times 1.5 = 1.512 \frac{kN}{m^2}$$

بار کل برابر است با:

$$1.512 \times 36 = 54.432$$

محاسبات-۹۱

۴۵-مقدار بار برف بر روی بام با شیب دوطرفه و با زاویه شیب 55 درجه ساختمانی واقع در کاشمر برای حالت بارگذاری متقارن، برحسب دکانیوتن برمترمربع تصویر افقی سطح بام، حدوداً چقدر می‌باشد؟

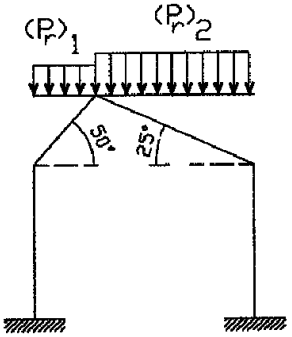
۱) 30 ۲) 25
۳) 20 ۴) 17

گزینه ۲:

محاسبات- ۹۰

۳- در سازه شیبدار شکل زیر در حالتی که بار برف برای هر دو سقف شیبدار در نظر گرفته شود (بدون در نظر گرفتن بارگذاری نامتقارن)، بارگذاری برروی دو سقف بر حسب دکانیوتن بر مترمربع به کدامیک از گزینه های زیر نزدیک تر است؟ محل پروژه در شهر بیرجند واقع است.

۱) $(P_r)_1 = 25$, $(P_r)_2 = 42$
۲) $(P_r)_1 = 50$, $(P_r)_2 = 50$
۳) $(P_r)_1 = 21$, $(P_r)_2 = 42$
۴) $(P_r)_1 = 30$, $(P_r)_2 = 30$

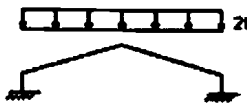


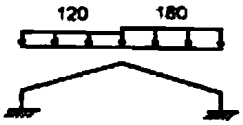
محاسبات ۹۳

۷- یک سالن با سقف شیب‌دار و با زاویه 30 درجه نسبت به افق در منطقه شهر اردبیل قرار دارد. بارگذاری متقارن و نامتقارن برف برای سقف این سالن برحسب دکانیوتن برمترمربع باید مطابق کدامیک از گزینه‌های زیر درنظر گرفته شود؟

۱)

۲)

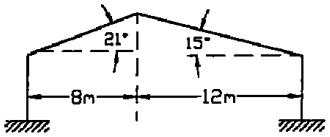


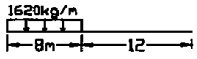
۳) 

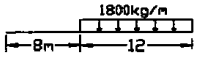
۴)

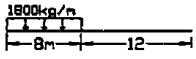
محاسبات ۸۹

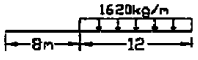
۹- برای یک ساختمان صنعتی درحومه یک شهر با برف فوق سنگین قراراست از قابهای شیب‌دار مطابق شکل استفاده شود. چنانچه فاصله قابهای شیب‌دار از یکدیگر ٦ متر باشد بار برف نامتقارن وارد به یکی ازقابهای میانی مطابق باکدامیک از حالات زیرخواهد بود؟ (جهت عمومی وزش باد در منطقه مشخص نیست و تعداد قابهای شیب‌دار ٦ عدد می‌باشد.)

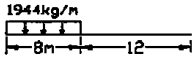


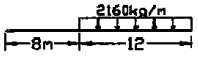
۱) 

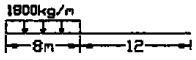


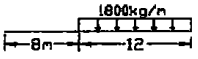
۲) 



۳) 

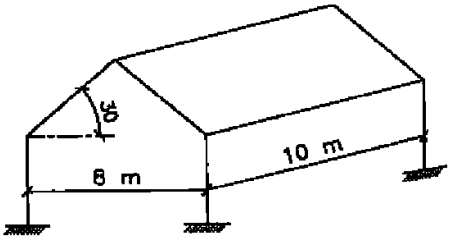


۴) 



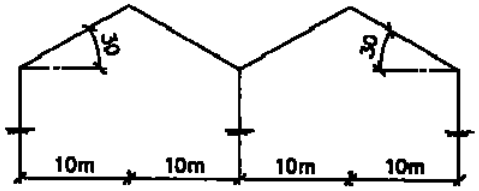
محاسبات ۸۷

۸- برای بام شیبدار با زاویه شیب 30 درجه، دهانه 8 متر و طول 10 متر، واقع در شهر تبریز کل بار برف نامتقارن وارد بر بام چقدر است؟

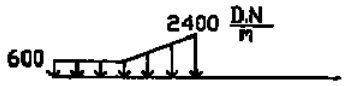


۱) 5400 دکا نیوتن
۲) 4500 دکا نیوتن
۳) 10800 دکا نیوتن
۴) 9000 دکا نیوتن

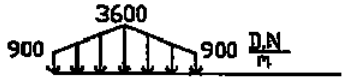
۱۰- یک ساختمان صنعتی با قابهای شیبدار دو دهانه مطابق شکل در منطقه‌ای با برف سنگین ساخته خواهد شد. اگر فاصله قابها از یکدیگر 6m باشد، توزیع بار برف وارد بـه یـک قـاب میانی در بارگذاری نامتقارن مطابق با کدامیک از گزینه ها است؟



۱)

۲) 

۳)

۴) 

۶-۷- انباشت برف

۶-۷-۹ انباشتگی برف در بام پایین‌تر

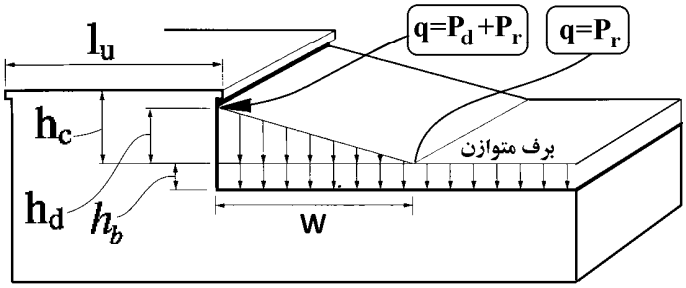
بام برای تحمل بارهای انباشته شده برف ناشی از سایه باد قسمت‌های بالاتر همان ساختمان و یا بلندی‌ها و ساختمان‌های مجاور باید طراحی شود.

۶-۷-۹-۱ بام پایین‌تر ساختمان

برف ممکن است بر اثر وزش باد از قسمت بالاتر بام ساختمان بر روی بام پایین‌تر آن ریزش کند (انباشت پشت به باد) و یا باد در جهت مقابل بار برف را بر روی بام پایین‌تر در مجاورت قسمت بلندتر انباشته سازد (انباشت رو به باد). مقدار انباشت بار برف به بار متوازن اضافه خواهد شد. اگر شرط $h_c/h_b < 0.2$ برقرار باشد درنظر گرفتن انباشتگی برف لازم نیست. $h_b = P_r/\gamma$ ، ارتفاع بار برف متوازن می‌باشد و h_c برابر ارتفاع نزدیک‌ترین نقطه بام مجاور بالاتر از روی برف متوازن روی بام پایین‌تر می‌باشد. هر دو امکان انباشت پشت به باد و رو به باد باید درنظر گرفته شود:

الف- در امکان پشت به باد، شدت بار برف انباشت برابر مقدار $P_d = \gamma h_d$ در پای دیوار قسمت بلندتر خواهد بود. h_d از رابطه ۶-۷-۵ بدست می‌آید و در آن رابطه l_u بیانگر طول بام بالاتر می‌باشد.

ب- برای امکان رو به باد، عرض بام پایین‌تر برابر l_u در نظر گرفته شده و سه چهارم مقدار حاصل از رابطه ۶-۷-۵ ، برای h_d به عنوان ارتفاع برف انباشت بر روی بام مورد نظر در مجاورت بخش بلندتر درنظر گرفته می‌شود. اگر این مقدار از مقدار h_d امکان الف (بیشتر / کمتر) بود، نتیجه امکان الف ملاک بارگذاری انباشت برف خواهد بود.



اگر h_d محاسبه شده از h_c کمتر باشد، عرض توزیع مثلثی انباشت برف برابر $w = 4h_d$ و اگر مقدار h_d از h_c بیشتر بود، مقدار عرض انباشتگی از رابطه:

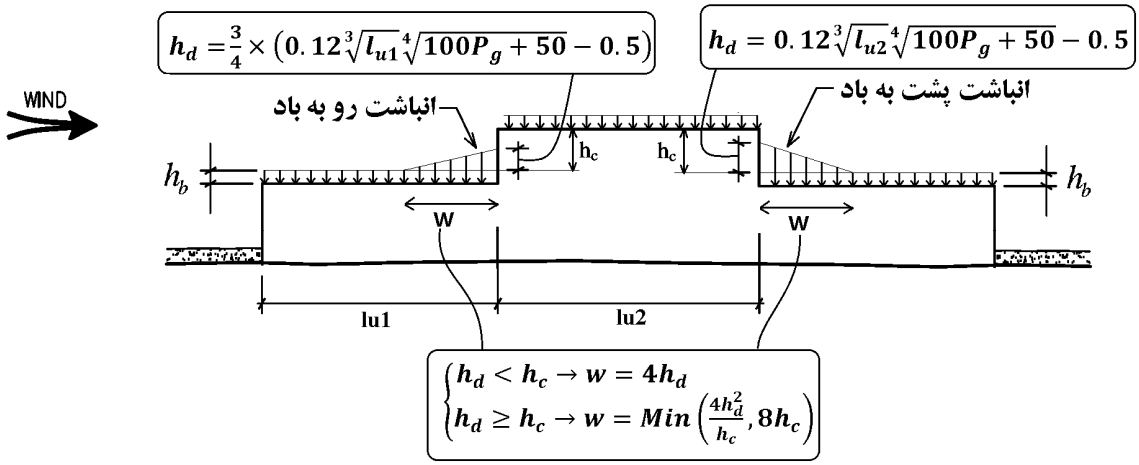
$$w = \frac{4h_d^2}{h_c} \qquad (۶-۷-۶)$$

بدست می‌آید. ارتفاع انباشت مثلثی در پای ناحیه بلندتر مقدار حداکثر h_d را داشته و ارتفاع انباشت برف به‌طور خطی به صفر در فاصله w از آن کاهش داده می‌شود. مقدار w از مقدار $8h_c$ بیشتر درنظر گرفته نخواهد شد. اگر w از عرض بام مورد نظر، l_r ، بیشتر باشد مقدار ارتفاع برف در لبه انتهایی بام برابر $h_d(w-l_r)/w$ بوده و برف انباشت توزیع ذوزنقه‌ای خواهد داشت.

7.7.1 Lower Roof of a Structure

Snow that forms drifts comes from a higher roof or, with the wind from the opposite direction, from the roof on which the drift is located. These two kinds of drifts ("leeward" and "windward" respectively) are shown in Fig. 7-7. The geometry of the surcharge load due to snow drifting shall be approximated by a triangle as shown in Fig. 7-8. Drift loads shall be superimposed on the balanced snow load. If h_c/h_b is less than 0.2, drift loads are not required to be applied.

For leeward drifts, the drift height h_d shall be determined directly from Fig. 7-9 using the length of the upper roof. For windward drifts, the drift height shall be determined by substituting the length of the lower roof for l_u in Fig. 7-9 and using three-quarters of h_d as determined from Fig. 7-9 as the drift height. The larger of these two heights shall be used in design.



مراحل محاسبه انباشت برف در بام پایین تر:

۱- $h_b = \frac{P_r}{\gamma}$ ۲- اگر $\frac{h_c}{h_b} < 0.2$ باشد، انباشت برف منظور نمی شود ۳- محاسبه h_d

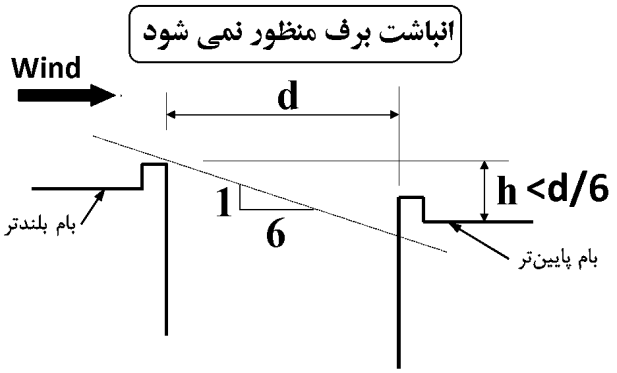
۴- محاسبه بار برف انباشت: $P_d = \gamma h_d = (0.23P_g + 2.2)h_d$ ۵- محاسبه عرض W

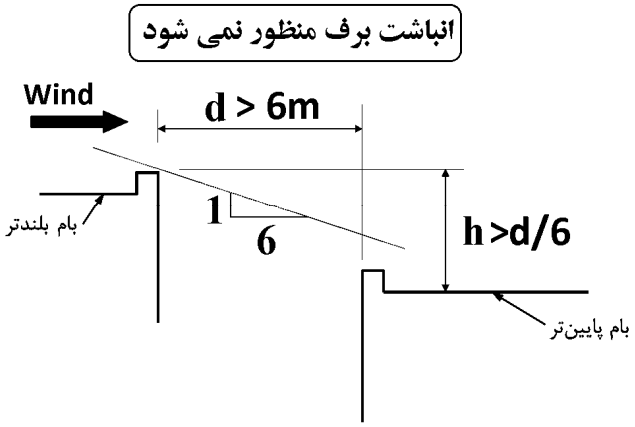
۶-۷-۹ انباشتگی برف در بام پایین‌تر

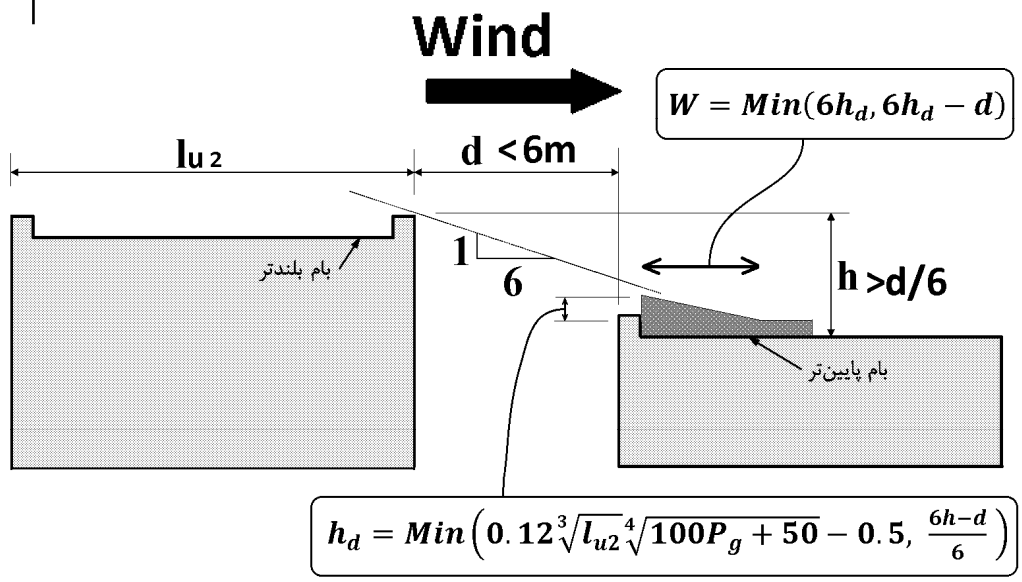
۶-۷-۹-۲ ساختمان‌های مجاور

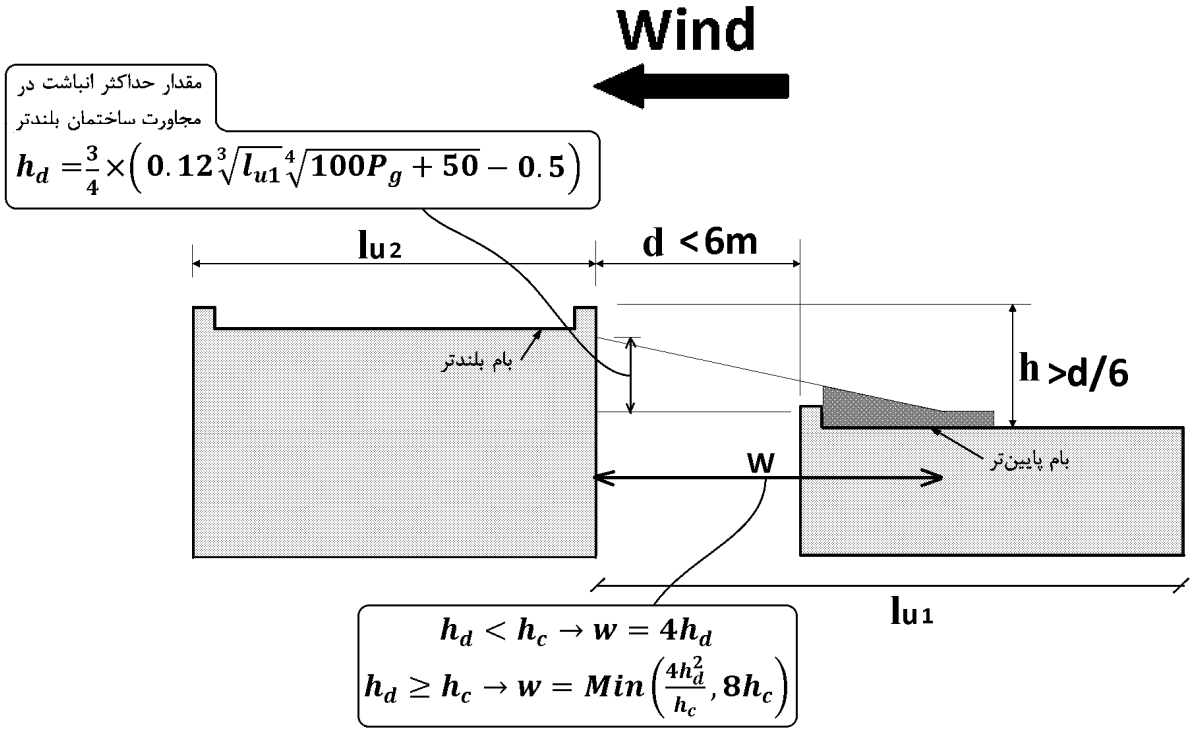
اگر فاصله افقی دو ساختمان، d، کمتر از ۶ متر و کمتر از ۶ برابر فاصله قائم آن‌ها، h ، باشد، بار انباشتگی بر روی بام پایین‌تر بر اساس قسمت الف بند ۶-۷-۹-۱، برای حالت پشت به باد، با اختیار ارتفاع انباشت برف برابر کمترین مقادیر h_d (بر اساس طول ساختمان بلندتر) و ۶/(6h - d) محاسبه می‌شود. عرض ناحیه مثلثی برابر مقدار کمتر $6h_d$ و (6h - d) درنظر گرفته می‌شود. h، بیانگر اختلاف تراز لبه بام بلندتر با لحاظ دست‌انداز و روی لبه بام پایین بدون لحاظ دست‌انداز می‌باشد.

برای امکان رو به باد محاسبه بر اساس قسمت ب بند ۶-۷-۹-۱ انجام می‌شود. در مجاورت ساختمان بلندتر مقدار حداکثر انباشت فرض شده و از توزیع مثلثی حاصل، بخشی از توزیع برف انباشت که در بین دو ساختمان قرار می‌گیرد از بارگذاری حذف می‌گردد.

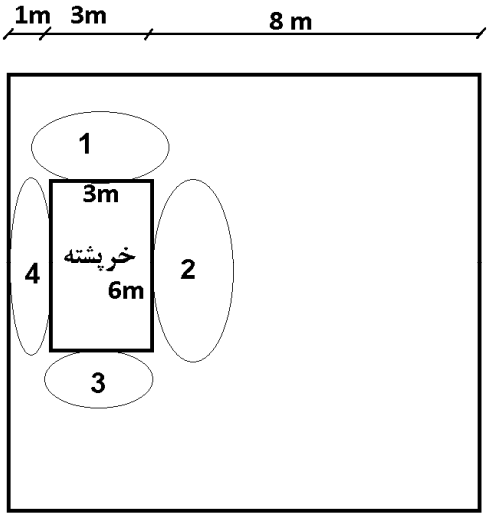








۶-۸- بالاآمادگی و دست انداز بام



۶-۷-۱۰ بالا آمدگی و دست‌انداز بام

اثر قسمت‌های بالا آمده از بام از قبیل خرپشته و فضاهای تأسیساتی و دست‌انداز اطراف بام در انباشتگی برف باید مطابق بند ۶-۷-۹-۱ در اطراف آن‌ها درنظر گرفته شود. ارتفاع حداکثر انباشت برف را می‌توان سه چهارم مقدار حاصل از رابطه ۶-۷-۵ درنظر گرفت.

در مورد دست‌اندازها، طول بام در جهت عمود بر دست‌انداز برای l_u منظور خواهد شد. در مورد قسمت بالا آمده از بام، مقدار بزرگتر طول بالادست و طول پایین‌دست باد بر روی بام برای l_u منظور خواهد شد. اگر ناحیه‌ای مجاور قسمت بالا آمده بر روی بام عرض کمتر از ۴٫۵ متر داشته باشد، برای آن لحاظ بار برف انباشت لازم نیست.

- در پلان فوق در نواحی ۱ و ۳ نیازی به منظور کردن انباشت برف نیست. علت: عرض خرپشته کمتر از 4.5m می باشد.
- در هر دو ناحیه ۲ و ۴ انباشت برف خواهیم داشت. در هر دو ناحیه برای محاسبه h_d از $l_u = Max(8m, 1m) = 8m$ استفاده خواهد شد:

$$h_d = \frac{3}{4}\left(0.12\sqrt[3]{8m}\sqrt[4]{100P_g + 50} - 0.5\right)$$

۶-۹- برف لغزنده

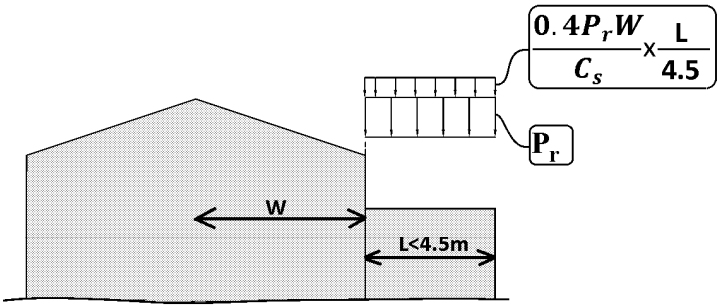
۶-۷-۱۱ برف لغزنده

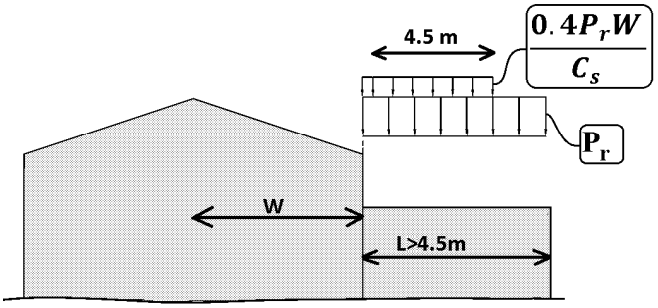
بار حاصل از لغزش برف از بام شیب‌دار بالاتر و ریختن آن به سقف پایین‌تر باید برای بام‌های لغزنده با شیب بیشتر از دو درصد و برای سایر بام‌های با شیب بیشتر از ۱۵ درصد باید درنظر گرفته شود.

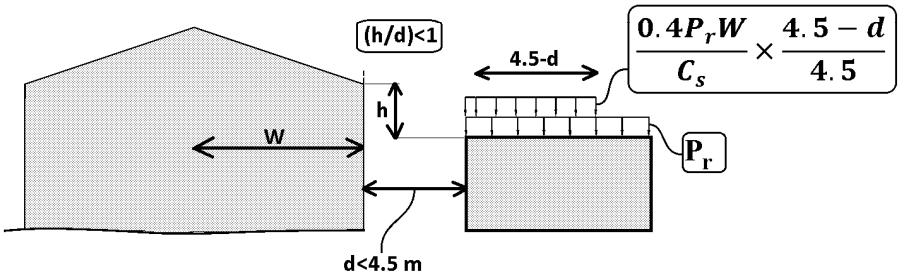
مقدار کل بار بر واحد طول در مجاورت لبه پایین بام بالاتر برابر $۰/۴P_rW/C_s$ بر روی بام پایین درنظر گرفته می‌شود. W، فاصله افقی لبه پایین تا خط‌الرأس سقف شیب‌دار بالاتر است. این بار بطور یکنواخت از بر لبه پایین بام بالاتر تا فاصله ۴٫۵ متر از آن بر روی بام پایین به‌صورت نواری توزیع می‌شود. اگر عرض بام پایینی کمتر از ۴٫۵ متر باشد، مقدار بار به نسبت عرض بام بر ۴٫۵ متر کاهش می‌یابد.

برای دو سازه جدا، بار برف لغزنده در صورتی در نظر گرفته می‌شود که h/d >۱ و d < ۴٫۵ متر باشد، عرض نوار بار برف لغزیده بر روی بام پایین‌تر برابر d - ۴٫۵ متر بوده و مقدار بار برف بر واحد طول نوار برابر $۰/۴P_r W\left[\frac{(۴/۵-d)}{۴/۵C_s}\right]$ در نظر گرفته خواهد شد. اگر اختلاف تراز لبه پایین سقف شیب‌دار با سقف پایین کم باشد به‌طوری که برف روی بام پایین باعث کاهش لغزش برف از بام بالاتر گردد می‌توان مقدار برف لغزیده شده را کمتر درنظر گرفت.

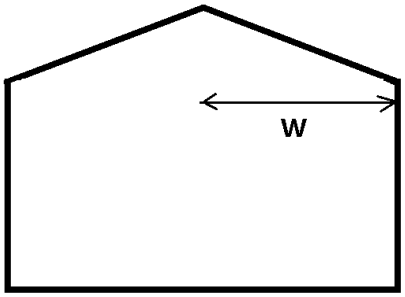
بار برف لغزنده به بار متوازن اضافه می‌شود و اثر آن به‌صورت همزمان با برف نامتوازن، انباشتگی برف، بارگذاری جزیی برف و اثر باران به برف درنظرگرفته نمی‌شود.







۶-۷-۱۲ سربار باران بر برف



در مناطق با برف زمین ۱ کیلونیوتن بر متر مربع و کمتر ولی بیشتر از ۰٫۲۵ کیلونیوتن بر مترمربع (مناطق ۲ و ۳) برای بام با شیب کمتر از W/۱۵ درجه (W بر حسب متر می‌باشد)، سربار باران به مقدار ۰٫۲۵ کیلونیوتن بر متر مربع به بار برف متوازن اضافه خواهد شد. این بار لازم نیست همراه با اثر انباشتگی، لغزش، بار برف نامتوازن، بار برف حداقل و یا بار بارگذاری جزیی برف درنظر گرفته شود.

۶-۷-۱۳ ناپایداری برکه‌ای

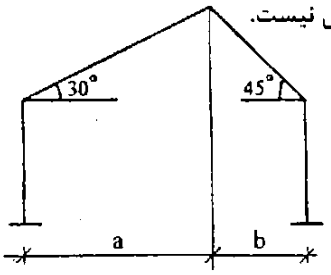
در طراحی بام باید ناپایداری برکه‌ای شدن بررسی شود. برای بام‌های با شیب کمتر از دو درصد و بام‌های با امکان انباشتگی آب، به دلیل گرفتگی آبرو، تغییرشکل بام بر اثر بار کامل برف، با لحاظ اثر برکه‌ای شدن، محاسبه و ارزیابی شود.

۶-۷-۱۴ بام‌های موجود

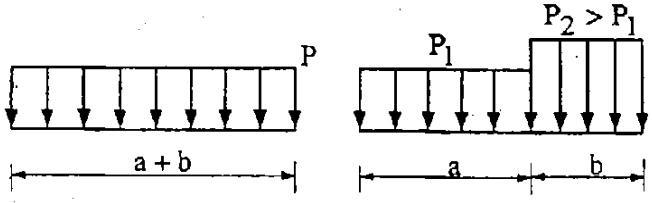
در صورت ساخت سازه جدید و یا تغییرات در ساختمان موجود امکان اضافه شدن بار برف بام‌های مجاور موجود باید بررسی شود. اگر سازه جدید و یا قسمت جدید در فاصله‌ای کمتر از ۶ متر از بام موجود ساخته می‌شود باید توسط سازنده بخش جدید به مالک ساختمان موجود، درباره خطرات احتمالی افزایش بار برف بام موجود، آگاهی‌های لازم داده شود.

محاسبات ۸۴-پایه ۲

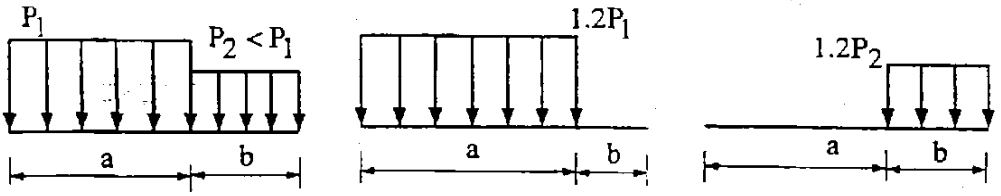
۲- یک سالن صنعتی در حومه یک شهر سردسیر ساخته می‌شود. از قاب‌های شیب‌دار مطابق شکل استفاده خواهد شد. بار برف وارد به هر کدام از قاب‌ها مطابق با کدام‌یک از حالات زیر خواهد بود؟ جهت عمومی وزش باد در منطقه مشخص نیست.



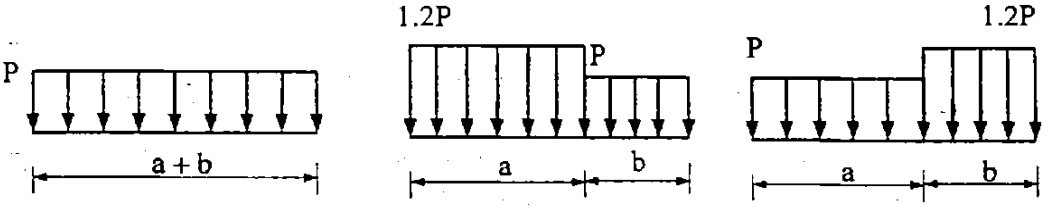
۱) از این دو حالت بارگذاری هر کدام اثر بیشتری دارد.



۲) از این سه حالت بارگذاری هر کدام اثر بیشتری دارد.



۳) از این سه حالت بارگذاری هر کدام اثر بیشتری دارد.



۴) هیچ‌کدام

۷-بار باران

۶-۸ بار باران

۶-۸-۱ کلیات

بندهای این فصل بر اساس مطابقت تعریف‌ها و علائم زیر و مفاهیم آنها با آمار موجود در منطقه و مطالعات هیدرولوژیکی و مهندسی آب مورد تأیید مراجع ذیصلاح و مراکز دارای صلاحیت قانونی نظیر سازمان هواشناسی کشور برای ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها به کار می‌رود.

۶-۸-۲ علائم

A : مساحت بام بر حسب مترمربع که برای یک شبکه زهکشی به کار می‌رود.

d_h : عمق آب مازاد بر روی بام تغییرشکل نیافته بر اساس جریان طرح و در بالای دهانه ورودی شبکه زهکشی فرعی که به عنوان ارتفاع هیدرولیکی بوده و بر حسب میلی‌متر می‌باشد.

d_s : عمق آب روی بام تغییرشکل نیافته تا دهانه ورودی شبکه زهکشی فرعی در زمانی که شبکه زهکشی اصلی مسدود شده است و به عنوان ارتفاع استاتیکی بوده که بر حسب میلی‌متر می‌باشد.

i : شدت بارندگی طرح با مدت زمان تداوم ۱ ساعت و با دوره بازگشت ۱۰۰ سال بر حسب میلی‌متر بر ساعت.

Q : دبی جریان ورودی به یک شبکه زهکشی منفرد بر حسب مترمکعب بر ثانیه.

R : بار باران روی بام تغییرشکل نیافته بر حسب کیلونیوتن بر مترمربع. هنگامی که اصطلاح بام تغییرشکل نیافته استفاده می‌شود، تغییرشکل ناشی از بارها (شامل بارهای مرده) نباید در تعیین میزان باران روی بام لحاظ گردد.

۶-۸-۳ زهکشی بام

زهکشی بام یک مسأله سازه‌ای مرتبط با موضوعات معماری و مکانیکی (لوله‌کشی) است. شبکه‌های زهکشی بام باید مطابق با شرایط و ضوابط مبحث شانزدهم مقررات ملّی ساختمان و آیین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی و مراجع ذیصلاح و مراکز دارای صلاحیت قانونی، طراحی شوند. ظرفیت جریان زهکش‌های فرعی و سرریزهای فرعی یا مجرای ناودان‌ها نباید کمتر از زهکش‌ها و مجرای ناودان‌های اصلی باشد.

۶-۸-۴ بارهای ناشی از باران طرح

عمق آب، d_h، در بالای محل ورودی شبکه زهکشی فرعی یعنی ارتفاع هیدرولیکی، تابعی از شدت بارش باران در محل، i، مساحت بامی که شبکه زهکشی در آن مورد استفاده قرار گرفته و همچنین اندازه شبکه زهکشی می‌باشد. دبی جریان داخل یک شبکه زهکشی منفرد به صورت رابطه زیر است.

$$Q = ۰٫۲۷۸ \times ۱۰^{-۶} Ai \qquad (۱-۸-۶)$$

مطابق جدول ۶-۸-۱، ارتفاع هیدرولیکی، d_h، در شبکه‌های زهکشی مختلف با دبی جریان، Q، ارتباط دارد.

جدول ۶-۸-۱ نشان می‌دهد که ارتفاع هیدرولیکی، d_h، می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای بر اساس نوع و اندازه هر شبکه زهکشی تغییر کند و باید بر اساس دبی جریان، Q، بررسی شود. همچنین ارتفاع هیدرولیکی، d_h، هنگامی که شبکه زهکشی فرعی در امتداد لبه بام به سادگی سرریز می‌شود، صفر است.

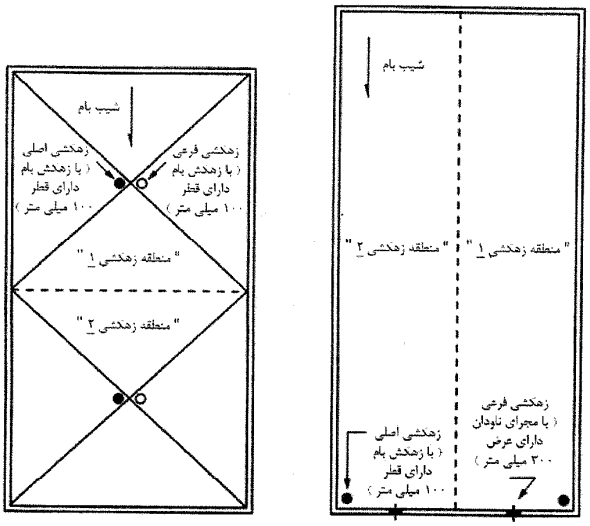
هر بخش از بام باید به گونه‌ای طراحی شود که در صورت مسدود شدن شبکه زهکشی اصلی برای آن بخش، بار کل آب باران جمع شده روی بام به علاوه بار یکنواخت ایجاد شده جریان طرح به واسطه آبی که در روی دهانه ورودی شبکه زهکشی فرعی بالا آمده است را بر مبنای رابطه زیر تحمل کند.

$$R = ۰٫۰۱(d_s + d_h) \qquad (۲-۸-۶)$$

جدول ۶-۸-۱ دبی جریان، Q، شبکه‌های زهکشی مختلف بر حسب مترمکعب بر ثانیه در ارتفاع‌های هیدرولیکی، d_h، گوناگون بر حسب میلی‌متر

نوع شبکه زهکشی فرعی	$Q\ (m^3/s)$						
$d_h\ (mm)$	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۱۷۵	۲۰۰
زهکش با قطر ۱۰۰ میلی‌متر	۰٫۰۰۵۱	۰٫۰۱۰۷	–	–	–	–	–
زهکش با قطر ۱۵۰ میلی‌متر	۰٫۰۰۶۳	۰٫۰۱۲۰	۰٫۰۲۴۰	–	–	–	–
زهکش با قطر ۲۰۰ میلی‌متر	۰٫۰۰۷۹	۰٫۰۱۴۵	۰٫۰۳۵۳	۰٫۰۶۹۴	–	–	–
مجرای ناودان با عرض ۱۵۰ میلی‌متر	۰٫۰۰۱۱	۰٫۰۰۳۲	۰٫۰۰۵۷	۰٫۰۰۸۸	۰٫۰۱۲۲	۰٫۰۲۰۲	۰٫۰۲۴۸
مجرای ناودان با عرض ۶۰۰ میلی‌متر	۰٫۰۰۴۵	۰٫۰۱۲۶	۰٫۰۲۲۷	۰٫۰۳۵۳	۰٫۰۴۹۰	۰٫۰۸۱۰	۰٫۰۹۹۲
مجرای ناودان مسدود با عرض ۱۵۰ و ارتفاع ۱۰۰ میلی‌متر	۰٫۰۰۱۱	۰٫۰۰۳۲	۰٫۰۰۵۷	۰٫۰۰۸۸	۰٫۰۱۱۲	۰٫۰۱۴۶	۰٫۰۱۶۰
مجرای ناودان مسدود با عرض ۶۰۰ و ارتفاع ۱۰۰ میلی‌متر	۰٫۰۰۴۵	۰٫۰۱۲۶	۰٫۰۲۲۷	۰٫۰۳۵۳	۰٫۰۴۴۷	۰٫۰۵۸۳	۰٫۰۶۳۸
مجرای ناودان مسدود با عرض ۱۵۰ و ارتفاع ۱۵۰ میلی‌متر	۰٫۰۰۱۱	۰٫۰۰۳۲	۰٫۰۰۵۷	۰٫۰۰۸۸	۰٫۰۱۲۲	۰٫۰۱۹۱	۰٫۰۲۱۶
مجرای ناودان مسدود با عرض ۶۰۰ و ارتفاع ۱۵۰ میلی‌متر	۰٫۰۰۴۵	۰٫۰۱۲۶	۰٫۰۲۲۷	۰٫۰۳۵۳	۰٫۰۴۹۰	۰٫۰۷۶۵	۰٫۰۸۶۶

چنانچه شبکه‌های زهکشی فرعی شامل مسیرهای زهکشی و نقاط تخلیه باشند، باید از مسیرهای زهکشی اصلی مجزا در نظر گرفته شوند. بدیهی است که تراز شبکه‌های زهکشی فرعی همواره بالاتر از شبکه‌های زهکشی اصلی است. همچنین در شکل ۶-۸-۱، دو نمونه شبکه زهکشی مجزا برای بام قابل مشاهده است که خط‌های نقطه‌چین در هر یک، نشان‌دهنده مرز بین مناطق زهکشی مجزا است.



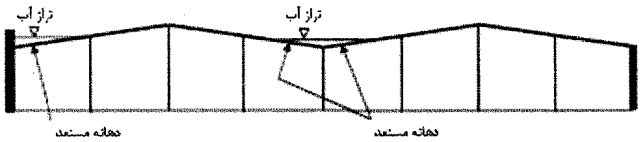
شکل ۶-۸-۱ دو نمونه شبکه زهکشی مجزا برای بام

۶-۸ بار باران

۶-۸-۵ ناپایداری انباشتگی آب

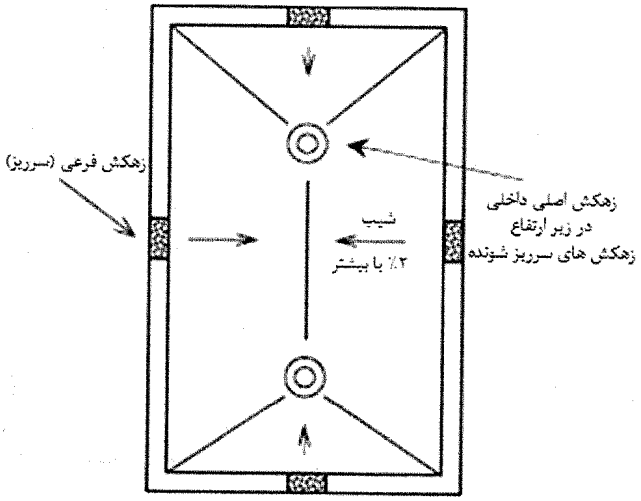
انباشتگی آب در مورد تغییرشکل بام‌های نسبتاً تخت به واسطه جمع شدن آب، به کار می‌رود. صرف نظر از شیب بام، در صورتی که امکان جمع شدن آب بر روی بام به منظور رسیدن به شبکه زهکشی فرعی وجود داشته باشد، ناپایداری انباشتگی آب می‌تواند رخ دهد.

در جایی که شرایط جمع شدن آب وجود دارد، دهانه بین دو ستون به عنوان دهانه مستعد در معرض خطر، درنظر گرفته می‌شود. هر دهانه مستعد در ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها باید توسط تجزیه و تحلیل‌های سازه‌ای بررسی شود تا از دارا بودن سختی کافی آن به منظور جلوگیری نمودن از تغییرشکل مستمر و ناپایداری انباشتگی آب هنگام بارش باران یا در صورت وجود آب ناشی از ذوب شدن برف بر روی آن، اطمینان حاصل گردد. دهانه‌ها برای یک بام با شیب کمتر از ۲٪ یا هنگامی که آب روی تمام یا بخشی از آن‌ها جمع شده و شبکه زهکشی اولیه مسدود گردیده است، اما امکان بهره‌برداری از شبکه زهکشی فرعی وجود دارد، باید به عنوان دهانه‌های مستعد در نظر گرفته شوند. در این تجزیه و تحلیل، بار برف یا بار باران معادل بزرگتر باید به عنوان شرط طراحی برای یک شبکه زهکشی اصلی مسدود، مورد استفاده قرار گیرد. شکل ۶-۸-۲، نمونه‌ای از دهانه‌های مستعد برای یک بام با شیب ۲٪ یا بیشتر را نشان می‌دهد. برای هر سازه مشابه دارای بامی با شیب کمتر از ۲٪، تمام دهانه‌ها مستعد محسوب می‌شوند.

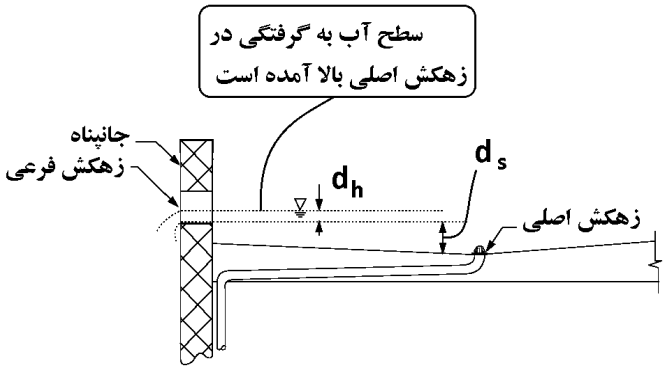


شکل ۶-۸-۲ نمایی از دهانه‌های مستعد برای انباشتگی آب به واسطه شیب بام ۲٪ یا بیشتر

شکل ۶-۸-۳، نمایی از یک بام با زهکش‌های سرریز احاطه کننده فرعی و زهکش‌های اصلی داخلی را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۸-۳ نمایی از یک بام با شیب ۲٪ یا بیشتر در معرض ناپایداری ناشی از انباشتگی آب در تمام دهانه‌های مستعد



صرف نظر از شیب بام، در صورتی که امکان جمع شدن آب بر روی بام به منظور رسیدن به شبکه زهکشی فرعی وجود داشته باشد، ناپایداری انباشتگی آب می‌تواند رخ دهد.

۸-بار یخ

۶-۹ بار یخ - یخ زدگی جوی

۶-۹-۱ کلیات

بار ناشی از یخزدگی باران و برف باید در طراحی سازه‌ها و اجزای حساس به یخ درنظر گرفته شود. سازه‌ها و اجزای حساس به یخ شامل سازه‌های مشبک، لوله، کابل و پایه‌های آنها، سازه‌های شهربازی، نرده، پله، نردبان، پل‌های عابر پیاده، تابلو و علائم و سایر سازه‌ها و اجزاء سبک نمایان و در معرض یخزدگی برف و باران وارد بر آن‌ها می‌باشد. بار یخ بر اساس دوره بازگشت متوسط پنجاه سال تعیین می‌شود. این مبحث شامل خطوط انتقال برق و مخابرات و خطوط آبرسانی و سوخت نمی‌شود. اثرات دینامیکی بار یخ بر روی سازه‌ها و اجزای انعطاف‌پذیر در این مبحث درنظر گرفته نشده است و در صورت لزوم باید بطور موردی بررسی شود.

۶-۹-۲ بار یخ

در محاسبه وزن یخ جوی می‌توان وزن مخصوص متوسط یخ را نه دهم وزن مخصوص آب درنظر گرفت. حجم یخ، V_i، برای ورق‌ها و اجزای سه بعدی بزرگ ماند گنبد و کره از رابطه ۶-۹-۱ حاصل می‌شود.

$$V_i = \pi t_d A_s \qquad (۱-۹-۶)$$

حجم یخ برای مقاطع سازه‌ای و اجزای منشوری بر اساس سطح مقطع یخ احاطه کننده آن‌ها بدست می‌آید. سطح مقطع یخ احاطه کننده عضو از رابطه ۶-۹-۲ حاصل می‌شود:

$$A_i = \pi t_d (D_c + t_d) \qquad (۲-۹-۶)$$

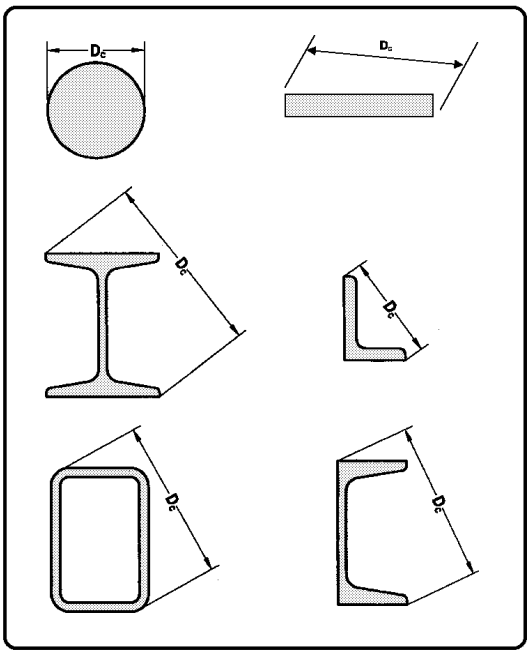
در روابط ۶-۹-۱ و ۶-۹-۲:

t_d : ضخامت طراحی یخ بر اثر یخزدگی باران طبق بخش ۶-۹-۳

A_s : مساحت یک طرف ورق برای ورق‌های مستوی و مساحت بزرگترین مقطع جزء سه بعدی نظیر گنبد و کره

D_c : قطر استوانه محیط بر مقطع سازه‌ای و یا جزء منشوری

برای ورق‌های قائم مقدار حجم یخ را بیست درصد و برای ورق‌های افقی مقدار حجم یخ را چهل درصد می‌توان کاهش داد.



۶-۹-۳ ضخامت طراحی یخ ناشی از یخزدگی باران

مقدار ضخامت طراحی یخ، از رابطه ۶-۹-۳ بدست می‌آید:

$$t_d = 2 t I_i F_z \qquad (۳-۹-۶)$$

که در آن:

t : ضخامت اسمی یخ ناشی از یخزدگی باران در ارتفاع ده متر، طبق بخش ۶-۹-۵

I_i : ضریب اهمیت طبق جدول ۶-۱-۲

F_z : ضریب ارتفاع طبق بخش ۶-۹-۴

۶-۹-۴ ضریب ارتفاع

ضریب ارتفاع برای ارتفاع z ، بر حسب متر، از سطح زمین از رابطه ۶-۹-۴ بدست می‌آید:

$$F_z = \left(\frac{z}{10}\right)^{0.1} \qquad (۴-۹-۶)$$

لازم نیست مقدار F_z را از ۱/۴ بیشتر درنظر گرفت.

۶-۹-۵ ضخامت اسمی یخ

ضخامت اسمی یخ بر اساس دوره بازگشت متوسط پنجاه سال با استفاده از مطالعات محلی و یا اطلاعات سازمان هواشناسی کشور تعیین می‌شود. در غیاب مطالعات دقیق‌تر، ضخامت اسمی یخ را برای مناطق مختلف برف فصل هفتم این مبحث بصورت زیر می‌توان تعیین نمود:

- مناطق ۱ و ۲- برف کم و نادر	$t = 0$
- منطقه ۳- برف متوسط	$t = 5$ mm
- منطقه ۴- برف زیاد	$t = 7.5$ mm
- منطقه ۵- برف سنگین	$t = 12.5$ mm
- منطقه ۶- برف فوق سنگین	$t = 15$ mm

۶-۹-۶ اثر باد بر سازه‌ها و اجزای پوشیده از یخ

ترکیب بارهای شامل وزن یخ، D_i ، و اثر باد بر روی یخ ، W_i، بر اساس فصل دوم انجام خواهد شد. در محاسبه نیروی باد در حالت وجود یخ، اثر افزایش ابعاد به اندازه ضخامت طراحی یخ باید درنظر گرفته شود. ضریب اهمیت باد وارد بر عضو پوشیده شده با یخ، برای تمام گروه‌ها اهمیت برابر واحد خواهد بود و فقط ضریب اهمیت مربوط به ضخامت یخ، طبق رابطه ۶-۹-۳، برای محاسبه ضخامت طرح و وزن یخ، بکار خواهد رفت.

۶-۹-۷ بارگذاری جزیی

اثر وجود یخ بر روی بخشی از سازه و یا عضو باید بررسی شود.

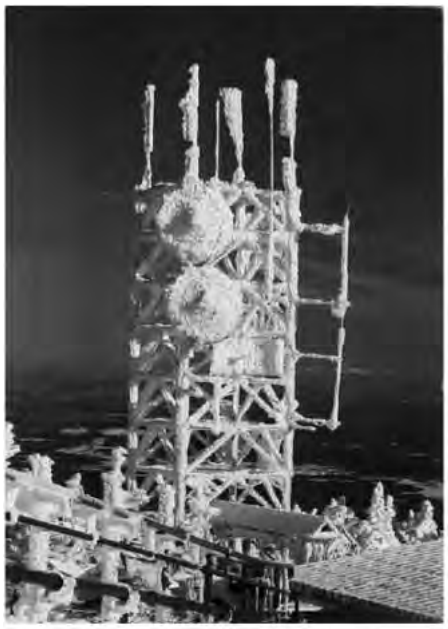


FIGURE C10-2 Rime Ice Accretion Due to In-Cloud Icing.

۱۷- ضخامت طراحی یخ ناشی از یخ‌زدگی باران برای نرده حفاظ بالکن ساختمان‌های مسکونی در شهر قزوین که در ارتفاع 12 m از سطح زمین قرار دارد به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

۱) 15 mm ۲) 7.5 mm ۳) 18 mm ۴) 10 mm

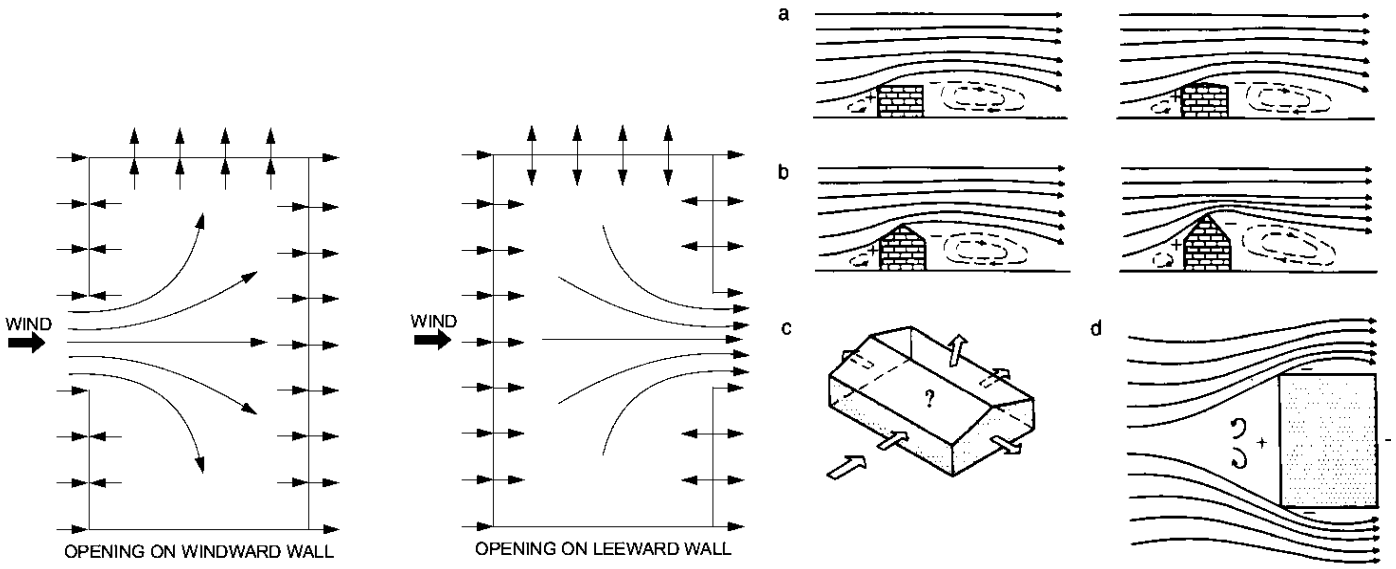
گزینه ۱

$$t_d = 2 \times 7.5 \times 1 \times \left(\frac{12}{10}\right)^{0.1} = 15.2\ \text{mm}$$

۹-بار باد

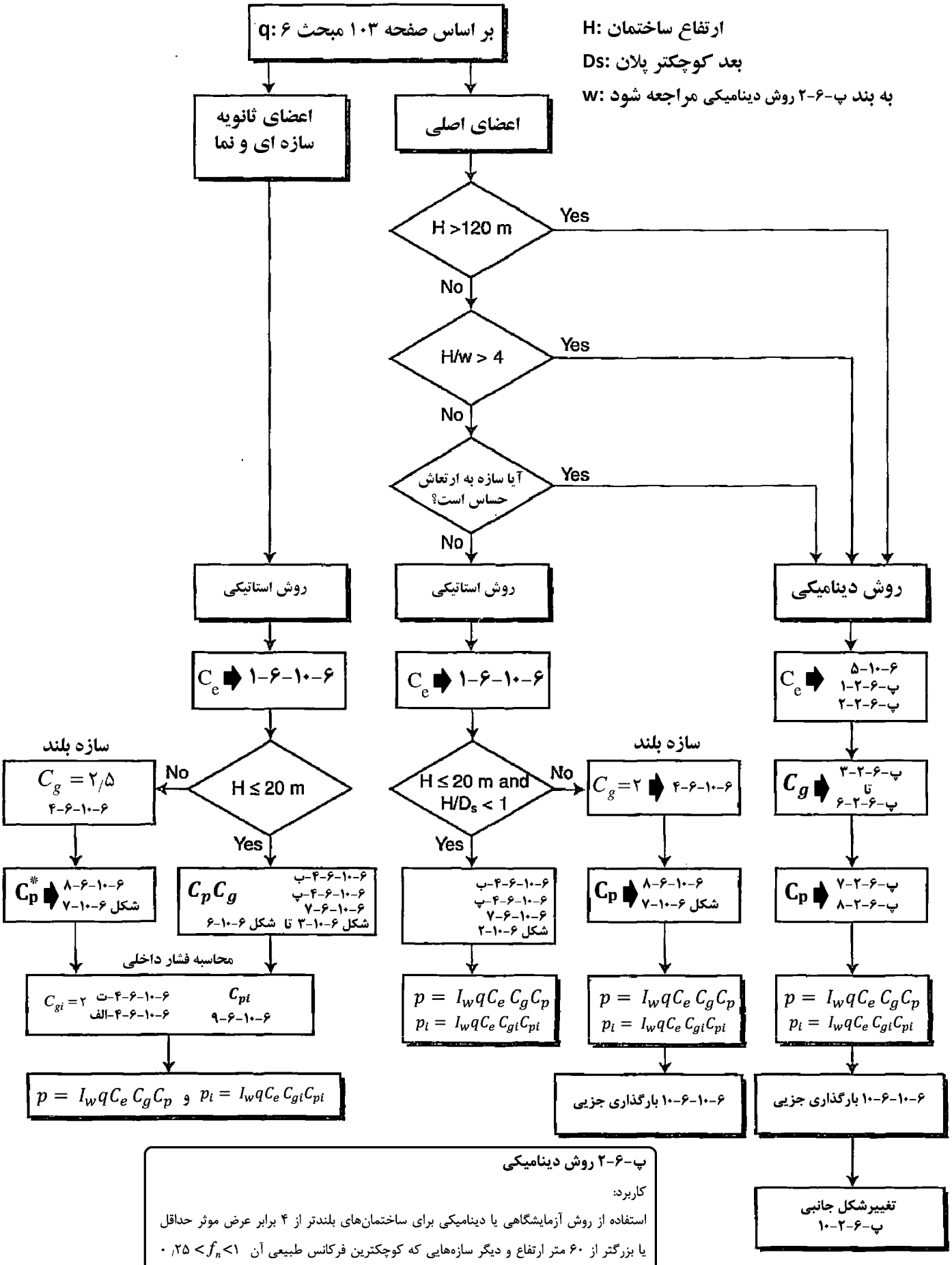
۹-۱- مفاهیم اولیه

- در سازه ها علاوه بر محاسبه فشار خارجی باد، باید فشار داخلی نیز محاسبه شود. این فشار بسته به چیدمان بازشو ها ممکن است موجب ایجاد فشار و یا مکش در داخل شود.
- برای محاسبه فشار باد باید هر دو فشار داخلی و خارجی محاسبه شده و با هم جمع شوند.



۶-۱۰-۶-۶ جهت باد

در هر موقعیت جغرافیایی، قوی‌ترین بادها در جهت‌های جغرافیایی مشخصی می‌باشند. احتمال اینکه جهت قوی‌ترین باد در امتداد جهتی باشد که بیشترین فشار را روی سطح مورد نظر ایجاد می‌کند، کمتر از ۱۰۰٪ است. بنابراین، بار باد واقعی روی یک سطح مورد نظر، کمتر از مقداری است که از ترکیب فشار سرعتی مبنای باد برای آن محل با ضریب فشار بیشینه برای سطح محاسبه می‌شود. اثرات جهت وزش در بارهای ضریب دار لحاظ شده‌اند و نباید کاهش مجددی اعمال گردد.



پ-۶-۲ روش دینامیکی

کاربرد:

استفاده از روش آزمایشگاهی یا دینامیکی برای ساختمان‌های بلندتر از ۴ برابر عرض موثر حداقل یا بزرگتر از ۶۰ متر ارتفاع و دیگر سازه‌هایی که کوچکترین فرکانس طبیعی آن f_n<۱ ،۲۵ > ۰ باشد الزامی می‌باشد. عرض موثر حداقل در رابطه زیر تعریف شده است.

$$w = \frac{\sum h_i w_i}{h_i} \qquad \text{(پ-۶-۲-۱)}$$

که h_i ارتفاع تراز از زمین و w_i کمترین عرض ساختمان در جهت عمود بر باد در ارتفاع i است.

روش‌های تجربی برای ساختمان‌هایی که فرکانس طبیعی آنها "f_n" کمتر از ۰٫۲۵هرتز است با روش‌های مناسب مانند تونل باد الزامی می‌باشد.

۶-۱۰ بار باد

۶-۱۰-۱ کلیات

ساختمان‌ها و سازه‌ها و کلیهٔ اجزا آن‌ها باید برای اثر ناشی از باد، بر اساس ضوابط این فصل طراحی و ساخته شوند. این اثر باید با توجه به میانگین سرعت باد در منطقه، ارتفاع، شکل هندسی ساختمان‌ها، میزان پوشش و گرفتگی که موانع مجاور برای آنها در مقابل باد ایجاد می‌کنند، محاسبه شوند.

برای تعیین اثر ناشی از باد طراحی باید فرض شود که باد به‌صورت افقی و در هر یک از امتدادها، ترجیحاً در امتداد محورهای اصلی ساختمان، و به طور غیر همزمان به ساختمان اثر می‌نماید. اثر باد باید در امتداد مشخص شده در جهت مورد نظر نیز بررسی شود.

در طراحی اعضای سازه، اثر ناشی از بار باد با بار زلزله جمع نمی‌شود. کلیه اعضای سازه باید برای اثر هر یک از این دو که بیشتر باشد، طراحی شوند.

۶-۱۰-۲ فشار ناشی از باد بر ساختمان‌ها و سازه‌ها

فشار خارجی یا مکش تحت باد بر روی جز یا کل سطح یک ساختمان باید با استفاده از رابطه ذیل بدست آید.

$$p = I_w q C_e C_g C_p \qquad (۱-۱۰-۶)$$

در این رابطه:

p = فشار خارجی که به‌صورت استاتیکی در جهت عمود بر سطح چه در حالت فشار وارد بر سطح یا مکش به سمت خارج از سطح، عمل می‌کند.

I_w = ضریب اهمیت برای بار باد طبق جدول ۶-۱-۲

q = فشار مبنای باد بخش ۶-۱۰-۳ و جدول ۶-۱۰-۲

C_e = ضریب بادگیری طبق بند ۶-۱۰-۶-۱

C_g = ضریب اثر جهشی باد طبق بند ۶-۱۰-۶-۴

C_p = ضریب فشار خارجی که بر مساحت وجه مورد نظر میانگین‌گیری شده باشد.

بار خالص باد برای کل ساختمان از جمع جبری بارهای وارده بر سطوح رو و پشت به باد (فشار یا مکش) بدست می‌آید. در برخی موارد این بار را می‌توان از جمع حاصلضرب فشار یا مکش در مساحت سطوح که فشار یا مکش میانگین‌گیری شده باشد، محاسبه شود.

فشار خالص ناشی از باد بر یک جزء یا تمام سطح یک ساختمان از جمع جبری فشار و مکش بدست می‌آید. فشار یا مکش داخلی در اثر باد از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$p_i = I_w q C_e C_{gi} C_{pi} \qquad (۲-۱۰-۶)$$

در این رابطه:

p_i = فشار داخلی که بصورت استاتیکی در جهت عمود بر سطح، به شکل فشار وارد بر سطح یا مکش به سمت خارج از سطح عمل می‌کند.

I_W = ضریب اهمیت برای بار باد طبق جدول ۶-۱-۲

C_e = ضریب بادگیری طبق بند ۶-۱۰-۶-۱

C_{gi} = ضریب اثر جهشی باد داخلی که طبق بند ۶-۱۰-۶-۴ بیان شده است.

C_{pi} = ضریب فشار داخلی

۶-۱۰-۳ فشار مبنای باد

فشار مبنای باد بنا به تعریف، فشاری است که باد با سرعتی برابر با سرعت مبنای باد بر سطحی عمود بر جهش وزش باد اعمال می‌کند. مقدار این فشار برابر با $۰٫۰۰۰۰۶۱۳V^۲$ برحسب کیلونیوتن بر مترمربع و V سرعت مبنای باد به کیلومتر بر ساعت است.

فشار مبنای باد، q، براساس سرعت متوسط ساعتی باد که احتمال تجاوز از این مقدار در سال ۲٪ است و بطور متعارف با دوره بازگشت ۵۰ ساله بیان می‌گردد، بدست می‌آید. معادلهٔ ۶-۱۰-۱۶ (رجوع شود به بند۶-۱۰-۷-۴) اطلاعاتی را درخصوص تبدیل فشار مبنای باد، q، به سرعت مبنای باد، V، که در معادلهٔ ۶-۱۰-۱۷ استفاده می‌شود، را ارائه می‌دهد (رجوع شود به بند ۶-۱۰-۷-۴).

جدول شماره ۶-۱۰-۲ که توسط سازمان هواشناسی کشور ارائه شده است میانگین عددی سرعت باد در دوره بازگشت ۵۰ ساله با احتمال تجاوز ۲٪ در سال می‌باشد که دیدبانی پارامتر باد در ایستگاه‌های هم‌دیدی در ارتفاع ۱۰ متری روزانه ۸ نوبت رأس ساعات گرینویچ انجام می‌پذیرد.

جدول ۶-۱۰-۲ سرعت و فشار مبنای باد

ردیف	نام ایستگاه	سرعت مبنای باد (V) کیلومتر بر ساعت	فشار مبنا (q) کیلو نیوتن بر متر مربع
۱	آبادان	۹۰	۰٫۴۹۶
۲	آباده	۱۰۰	۰٫۶۱۳
۳	آبعلی	۱۱۰	۰٫۷۴۱
۴	اراک	۹۰	۰٫۴۹۶
۵	اردبیل	۱۳۰	۱٫۰۳۶
۶	ارومیه	۹۰	۰٫۴۹۶
۷	آغاجاری	۱۱۰	۰٫۷۴۱
۸	اصفهان	۱۱۰	۰٫۷۴۱
۹	امیدیه	۱۱۰	۰٫۷۴۱
۱۰	اهواز	۱۱۰	۰٫۷۴۱
۱۱	ایرانشهر	۱۱۰	۰٫۷۴۱
۱۲	بابلسر	۱۰۰	۰٫۶۱۳
۱۳	بجنورد	۱۳۰	۱٫۰۳۶
۱۴	بم	۱۱۰	۰٫۷۴۱
۱۵	بندر انزلی	۱۱۰	۰٫۷۴۱
۱۶	بندر عباس	۱۰۰	۰٫۶۱۳
۱۷	بندر لنگه	۹۰	۰٫۴۹۶
۱۸	بوشهر	۱۰۰	۰٫۶۱۳
۱۹	بیرجند	۹۰	۰٫۴۹۶
۲۰	پارس آباد مغان	۱۰۰	۰٫۶۱۳
۲۱	تبریز	۱۱۰	۰٫۷۴۱
۲۲	تربت حیدریه	۸۰	۰٫۳۹۲
۲۳	تهران	۱۰۰	۰٫۶۱۳
۲۴	جاسک	۱۰۰	۰٫۶۱۳
۲۵	جزیره سیری	۱۱۰	۰٫۷۴۱
۲۶	جزیره کیش	۱۰۰	۰٫۶۱۳
۲۷	چابهار	۹۰	۰٫۴۹۶
۲۸	خرم آباد	۸۰	۰٫۳۹۲
۲۹	خوی	۹۰	۰٫۴۹۶
۳۰	دزفول	۱۱۰	۰٫۷۴۱
۳۱	رامسر	۹۰	۰٫۴۹۶
۳۲	رشت	۹۰	۰٫۴۹۶
۳۳	زابل	۱۲۰	۰٫۸۸۳
۳۴	زاهدان	۱۳۰	۱٫۰۳۶
۳۵	زنجان	۸۰	۰٫۳۹۲
۳۶	سبزوار	۹۰	۰٫۴۹۶
۳۷	سرخس	۱۱۰	۰٫۷۴۱
۳۸	سقز	۱۰۰	۰٫۶۱۳
۳۹	سمنان	۸۰	۰٫۳۹۲
۴۰	سنندج	۹۰	۰٫۴۹۶
۴۱	شاهرود	۸۰	۰٫۳۹۲
۴۲	شهرکرد	۸۰	۰٫۳۹۲
۴۳	شیراز	۸۰	۰٫۳۹۲
۴۴	طبس	۹۰	۰٫۴۹۶
۴۵	فسا	۹۰	۰٫۴۹۶
۴۶	قائم شهر	۹۰	۰٫۴۹۶
۴۷	قزوین	۱۰۰	۰٫۶۱۳
۴۸	قم	۹۰	۰٫۴۹۶
۴۹	کاشان	۱۰۰	۰٫۶۱۳
۵۰	کرمان	۱۳۰	۱٫۰۳۶
۵۱	کرمانشاه	۹۰	۰٫۴۹۶
۵۲	گرگان	۸۰	۰٫۳۹۲
۵۳	مراغه	۱۱۰	۰٫۷۴۱
۵۴	مشهد	۹۰	۰٫۴۹۶
۵۵	منجیل	۱۳۰	۱٫۰۳۶
۵۶	نوشهر	۹۰	۰٫۴۹۶
۵۷	همدان	۱۰۰	۰٫۶۱۳
۵۸	یزد	۱۱۰	۰٫۷۴۱

۹-۲- روش محاسبه بار باد

۶-۱۰-۴ روش محاسبه بار باد

بار باد بر روی ساختمان باید با استفاده از یکی از سه روش ذیل با توجه به شرایط آن تعیین گردد:

روش اول که روش استاتیکی نامیده می‌شود، برای اکثر موارد، شامل طراحی سازه و ساختمان‌های با ارتفاع کم و متوسط و نیز نما و پوسته خارجی مناسب است. سازه یا اجزائی که در این روش طراحی می‌شوند، نسبتاً صلب می‌باشند و به جزئیات خصوصیات دینامیکی این سازه‌ها یا اجزاء آن‌ها نیازی نیست و اثرات دینامیکی باد می‌تواند توسط بارهای استاتیکی معادل بیان شود.

روش دوم که روش دینامیکی نام دارد، برای تعیین اثرات کلی باد شامل پاسخ تشدید شده و عمدتاً برای ساختمان‌های بلند و سازه‌های لاغر (بجز نما و پوسته خارجی و اعضای سازه‌ای ثانویه) به کار می رود. ساختار این روش مشابه روش استاتیکی است، با این تفاوت که ضریب اثر جهشی باد،C_g، و ضریب بادگیری ،C_e، به طور متفاوتی تعیین می‌شوند. C_g از مجموعه محاسباتی که در برگیرنده موارد ذیل می‌باشد بدست می‌آید.

(الف) شدت تلاطم باد برای منطقه که تابعی از ارتفاع و ناهمواری سطح زمین اطراف است، و

(ب) مشخصات ساختمان مانند ارتفاع، عرض، فرکانس طبیعی ارتعاش و میرائی

هنگامی کهC_g در فشار مبنای باد، q، ضریب اهمیت،I_w، ضریب بادگیری،C_e، و ضریب فشار،C_p، ضرب شود، این ضریب اثر جهشی باد انتظار می‌رود فشار طرح استاتیکی را نتیجه دهد که نمایانگر همان اثر بار بیشینه تحت پاسخ دینامیکی تشدیدی به باد متلاطم واقعی باشد. علاوه بر محاسبه بار باد، محاسبه تغییرمکان جانبی و ارتعاشات ناشی از باد نیز می‌تواند برای برخی ساختمان‌ها که لازم است با روش دینامیکی طراحی شوند، مهم باشد. این موضوعات به همراه ریزش گردبادی سازه‌های گرد باید به طور جداگانه در نظر گرفته شود. روش دینامیکی در پیوست ۶-۲ آمده است.

روش سوم که روش تجربی نام دارد، شامل آزمایش تونل باد یا سایر روش‌های تجربی می‌باشد. این روش می‌تواند به عنوان یک جایگزین برای روش‌های استاتیکی و دینامیکی به کار رود. این روش مخصوصاً برای ساختمان‌هایی که ممکن است در معرض اثرات جستی باد یا گرفتگی قسمتی از عبور جریان توسط موانع بالا دست جریان، ریزش گردبادی یا اثرات ناپایداری آیرو دینامیکی قرار می‌گیرند، استفاده می‌شود. روش تجربی همچنین برای تعیین ضرایب فشار خارجی، طراحی نما و پوسته خارجی و نیز ساختمان‌هایی که هندسه آن‌ها به طور محسوسی از شکل معمول متفاوت است، مناسب می‌باشد.

ضریب بادگیری و ضریب اثر جهشی باد برای روش استاتیکی در بندهای ۶-۱۰-۶-۱ و ۶-۱۰-۶-۴ و برای روش دینامیکی در بند پ-۶-۲-۱ الی پ-۶-۲-۶ ارائه شده‌اند. ضرایب فشار داخلی و خارجی برای روش‌های استاتیکی و دینامیکی در بند ۶-۱۰-۶-۷ الی ۶-۱۰-۶-۹ ارائه شده است.

پ-۶-۲ روش دینامیکی

کاربرد:

استفاده از روش آزمایشگاهی یا دینامیکی برای ساختمان‌های بلندتر از ۴ برابر عرض موثر حداقل یا بزرگتر از ۶۰ متر ارتفاع و دیگر سازه‌هایی که کوچکترین فرکانس طبیعی آن $0.25 < f_n < 1$ باشد الزامی می‌باشد. عرض موثر حداقل در رابطه زیر تعریف شده است.

$$w = \frac{\sum h_i w_i}{h_i} \Rightarrow \mathrm{w} = \frac{\sum \mathrm{h_i w_i}}{\sum \mathrm{h_i}} \qquad \text{(پ-۶-۲-۱)}$$

که h_i ارتفاع تراز از زمین و w_i کمترین عرض ساختمان در جهت عمود بر باد در ارتفاع i است.

Dynamic Effects of Wind

1) *Buildings* whose height is greater than 4 times their minimum effective width, which is defined in Sentence (2), or greater than 120 m and other *buildings* whose light weight, low frequency and low damping properties make them susceptible to vibration shall be designed

a) by experimental methods for the danger of dynamic overloading, vibration and the effects of fatigue, or

b) by using a dynamic approach to the action of wind gusts (see Appendix A).

2) The effective width, w, of a *building* shall be calculated using

$$\mathrm{w} = \frac{\sum \mathrm{h_i w_i}}{\sum \mathrm{h_i}}$$

where the summations are over the height of the *building* for a given wind direction, h_i is the height above *grade* to level i, as defined in Sentence 4.1.7.1.(5), and w_i is the width normal to the wind direction at height h_i; the minimum effective width is the lowest value of the effective width considering all possible wind directions.

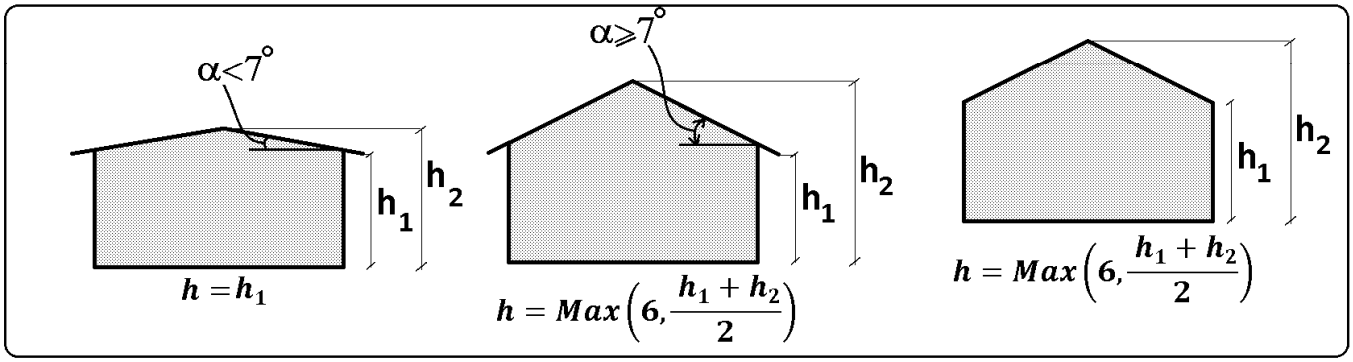
تونل باد:

۹-۳- ارتفاع مبنا

۶-۱۰-۵ ارتفاع مبنا

برای محاسبهٔ فشار خارجی با استفاده از هر دو روش استاتیکی و دینامیکی، ارتفاع مبنا، h، برای محاسبهٔ C_e به صورت زیر تعریف می‌شود:

(الف) برای ساختمان‌های کوتاه مرتبه، همان‌گونه که در بند ۶-۱۰-۶-۵ تعریف خواهد شد، h ارتفاع متوسط بام یا ۶ متر، هر کدام که بزرگتر باشد. ارتفاع پیش آمدگی لبهٔ بام اگر شیب بام کمتر از 7° باشد، ممکن است جایگزین ارتفاع متوسط شود.

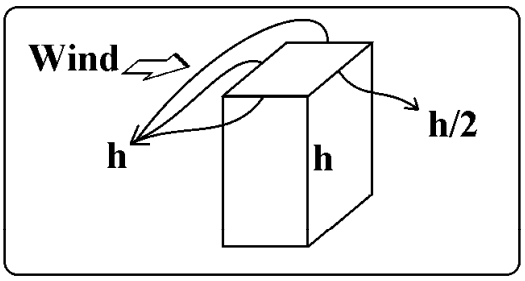


(ب) برای ساختمان‌های بلندتر،

h برای وجه رو به باد، ارتفاع واقعی آن نقطه در بالای زمین است،

h برای وجه پشت به باد، نصف ارتفاع ساختمان، و

h برای بام و دیوارهای جانبی، ارتفاع ساختمان است.



(ج) برای هر المان سازه‌ای از ساختمان، h ارتفاع المان در بالای زمین است.

برای محاسبهٔ فشار داخلی، ارتفاع h در رابطهٔ مربوط به C_e به اندازه نصف ارتفاع ساختمان تعریف می‌شود، زمانی‌که یک بازشوی بزرگ وجود دارد؛ h باید ارتفاع بازشو از سطح زمین در نظر گرفته شود.

۹-۴- ضریب بادگیری

۶-۱۰-۶-۱ ضریب بادگیری، C_e

ضریب بادگیری C_e تغییرات سرعت باد با ارتفاع و نیز اثرات ناشی از تغییر در زمین اطراف و توپوگرافی را نشان می‌دهد. این ضریب براساس توزیع سرعت باد در ارتفاع روی دو نـوع زمین اطراف، باز و یا پرتراکم، بشرح ذیل تعیین می‌شود:

الف) برای زمین باز، $C_e = \left(\frac{h}{۱۰}\right)^{۰/۲}$، و حداقل برابر ۰/۹ درنظر گرفته می‌شود. زمین باز زمینی است که در آن ساختمان‌ها، درختان و موانع دیگر بصورت پراکنده بوده و یا به دریاچه، دریا و یا کنار ساحل باز، اطلاق می‌شود. h ارتفاع مبنا از روی سطح زمین طبق بخش ۶-۱۰-۵ در نظر گرفته می‌شود. فرض می‌شود C_e از قانون نمائی با ضریب ۰/۲ که معادل ضریب ۰/۱ برای سرعت‌های باد جهشی است، پیروی می‌کند. باد جهشی بادی است که حدوداً ۳ تا ۵ ثانیه ادامه دارد و نمایانگر حجمی از باد است که بر روی کل سازه اثر می‌کند.

ب) برای زمین پرتراکم، $C_e = ۰/۷\left(\frac{h}{۱۲}\right)^{۰/۳}$ و حداقل برابر ۰/۷ در نظر گرفته می‌شود. زمین پرتراکم به زمین حومه شهری، شهری، جنگل پرتراکم که تا یک کیلومتر و یا ۲۰ برابر ارتفاع ساختمان در بالا دست، هر کدام بیشتر باشد، امتداد پیدا کند، اطلاق می‌شود. فرض می شود C_e از قانون نمائی با ضریب ۰/۳ که معادل ضریب ۰/۱۵ برای سرعت‌های باد جهشی است، پیروی می‌کند.

مقادیر میانیابی شده بین دو گروه الف و ب را در مواردی که ناهمواری زمین در کمتر از یک کیلومتر و یا ۲۰ برابر ارتفاع ساختمان، هر کدام بیشتر باشد، تغییر کند، می‌توان استفاده نمود.

۶-۱۰-۶-۲ تغییرات در نوع زمین

مقدار C_e که در بند ۶-۱۰-۶-۱ برای زمین ناهموار (پرتراکم) داده شده، در صورتی‌که این ناهمواری (تراکم) در بالادست جریان حداقل ۱ کیلومتر یا ۲۰ برابر ارتفاع ساختمان، H؛ هر کدام که بزرگتر باشد؛ امتداد یابد، باید استفاده شود. هنگامی که ناهمواری زمین کمتر از ۱ کیلومتر امتداد یابد (به عبارت دیگر $x<۱\ km$) و ساختمان کوتاه‌تر از ۱۰۰ متر باشد، مقدار C_e را می‌توان با میانیابی بین زمین باز و پر تراکم با استفاده از روابط زیر محاسبه نمود:

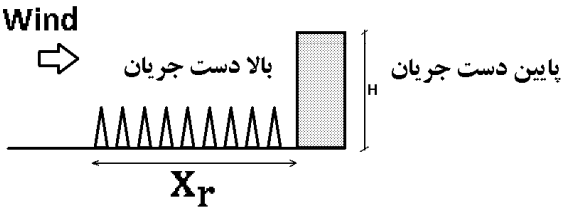
برای x_r بزرگتر از ۰/۰۵ km و کمتر از ۱ km ،

$$C_e = C_{er}\left[۰/۸۱۶ + ۰/۱۸۴\log_{۱۰}\left(\frac{۱۰}{x_r - ۰/۰۵}\right)\right] \le C_{eo} \qquad (۶-۱۰-۳)$$

و برای x_r کوچکتر یا مساوی ۰/۰۵ Km ،

$$C_e = C_{eo} \qquad (۶-۱۰-۴)$$

که در آن x_r طول زمین ناهموار (پرتراکم) در بالادست جریان باد، C_{er} برابر C_e برای زمین ناهموار (پرتراکم) و C_{eo} برابر C_e برای زمین باز است.



۶-۱۰-۶-۳ خیز سرعت در بالای تپه‌ها و بالا آمدگی زمین

تپه‌ها و بالا آمدگی‌ها می‌توانند به طور قابل توجهی، سرعت باد را در نزدیکی سطح زمین افزایش دهند که باید در ضریب بادگیری برای ساختمان‌های واقع روی تپه یا پرتگاه درنظرگرفته شود. راه حلی که می‌تواند برای هر دو روش استاتیکی و دینامیکی این تشدید سرعت را لحاظ نماید، به‌شرح ذیل می‌باشد.

ساختمان‌های واقع روی تپه یا پرتگاه با حداکثر شیب بزرگتر از ۱ به ۱۰ (۱۰٪)، مخصوصاً نزدیک قله، ممکن است در معرض سرعت‌هایی به مراتب بزرگتر از ساختمان‌هایی که روی سطح زمین هستند، قرار گیرند. در صورتی که شیب تپه و پرتگاه کمتر از ۱۰٪ باشد احتمال آنکه سرعت باد افزایش قابل توجهی داشته باشد، وجود ندارد. بنابراین ضریب بادگیری در ارتفاع z بالای تراز زمین اطراف، برابر است با مقدار زمین باز ضربدر ضریب $(1+\Delta S(z))^2$ که در آن $\Delta S(z)$، ضریب خیز سرعت برای میانگین سرعت باد می‌باشد (این اثر در شکل ۶-۱۰-۱ نشان داده شده است). در نزدیکی قله و در فاصله $|x| \leq K$، ضریب بادگیری به صورت زیر اصلاح می‌شود:

$$C_e^* = C_e\left\{1+\Delta S_{\max}\left(1-\frac{|x|}{KL_h}\right)e^{\left(\frac{\alpha z}{L_h}\right)}\right\}^2 \qquad |x| < KL_h \qquad (۵-۱۰-۶)$$

که در رابطه بالا:

C_e^* = مقدار متناظر اصلاح شده برای استفاده در تپه و بالا آمدگی،

C_e = ضریب بادگیری در روی سطح زمین باز، که در بند ۶-۱۰-۶-۱ برای روش استاتیکی و در بند پ-۶-۲-۱ برای روش دینامیکی ارائه شده است،

ΔS_{max} = ضریب خیز سرعت نسبی در رأس قله، نزدیک سطح،

α = ضریب کاهش برای کم شدن سرعت با ارتفاع

مقادیر α و ΔS_{max} به شکل و شیب تپه یا بالا آمدگی بستگی دارد.

مقادیر این پارامترها در جدول ۶-۱۰-۱ ارائه شده است.

برای $\frac{H_h}{L_h} > ۰/۵$ فرض شود که $\frac{H_h}{L_h} = ۰/۵$ و $۲H_h$ جایگزین L_h در معادله ۶-۱۰-۵ شود.

علائم جدول ۶-۱۰-۱ بشرح ذیل می‌باشد:

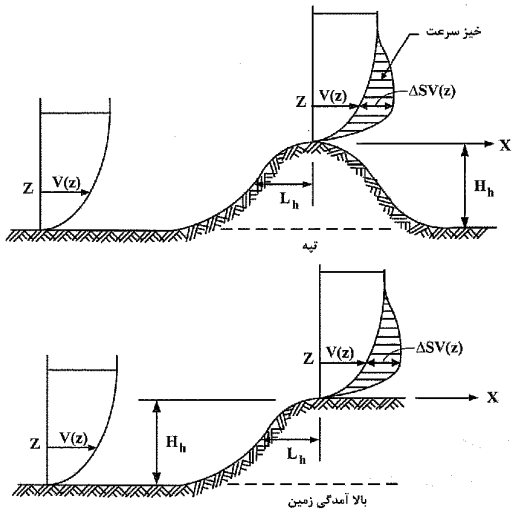
H_h = ارتفاع تپه یا بالا آمدگی، یا اختلاف تراز بین قله و زمین اطراف تپه یا بالا آمدگی در بالادست جریان

L_h = فاصلهٔ قله تا جایی که تراز زمین، نصف H_h در بالادست جریان مطابق شکل ۶-۱۰-۱ است.

حداکثر شیب برای تپهٔ گرد، تقریباً $\frac{H_h}{۲L_h}$ می‌باشد. در عبارت‌های بالا فرض می‌گردد که باد در امتداد جهت حداکثر شیب به سمت تپه جریان دارد. به عبارت دیگر، جهتی که بیشترین خیز سرعت را نزدیک قله ایجاد می‌کند.

جدول ۶-۱۰-۱ پارامترهای حداکثر خیز سرعت در بالای تپه‌ها و بالا آمدگی

شکل تپه یا بالا آمدگی	ΔS_{max}	α	K	
			$x<0$	$x>0$
تپه‌های ممتد یا دو بعدی (یا دره‌های با H منفی)	$۲/۲\left(\frac{H_h}{L_h}\right)$	۳	۱/۵	۱/۵
پرتگاه‌های دو بعدی	$۱/۳\left(\frac{H_h}{L_h}\right)$	۲/۵	۱/۵	۴
تپه‌های سه بعدی متقارن محوری	$۱/۶\left(\frac{H_h}{L_h}\right)$	۴	۱/۵	۱/۵



شکل ۶-۱۰-۱ خیز سرعت در بالای تپه‌ها و بالا آمدگی زمین

- در غلط نامه ارائه برای آیین نامه کانادا پارامترهای فوق اصلاح شده است. ظاهرا هنگام ترجمه به غلط نامه آن توجه نشده است. متن اصلاح شده متن آیین نامه به صورت زیر می باشد:

14. Buildings on a hill or escarpment with a maximum slope greater than 1 in 10, particularly near a crest, may be subject to significantly higher wind speeds than buildings on level ground. The exposure factor at height z above the surrounding ground elevation is then equal to that over open level terrain multiplied by a factor $(1 + \Delta S(z))^2$, where $\Delta S(z)$ is the "speed-up factor" for the mean wind speed (this effect is illustrated in Figure I-6). Near the crest, and within a distance $|x| < kL_h$, the exposure factor is modified as follows:

$$C_e^* = C_e\left\{1+\Delta S_{max}\left(1-\frac{|x|}{kL_h}\right)e^{(-\alpha z/L_h)}\right\}^2$$

where

C_e^* = corresponding modified value for use on the hill or escarpment,
C_e = exposure factor over open level terrain given in Paragraphs 11 and 12 for the Static Procedure, and in Paragraph 41 for the Dynamic Procedure,
ΔS_{max} = relative speed-up factor at the crest near the surface, and
α = decay coefficient for the decrease in speed-up with height.

The values of α and ΔS_{max} depend on the shape and steepness of the hill or escarpment. Representative values for these parameters are given in Table I-1.

۹-۵- ضریب اثر جهشی باد

۶-۱۰-۶-۴ ضریب اثر جهشی باد، C_g , C_{gi}

۶-۱۰-۶-۴-الف کلیات

ضریب اثر جهشی باد C_g باید مطابق با یکی از موارد ذیل اختیار شود.

الف: برای کل ساختمان و اعضای اصلی سازه $C_g = ۲/۰$

ب: برای فشار خارجی و مکش در اعضاء کوچک از جمله نما یا پوسته خارجی $C_g = ۲/۵$

پ: برای فشارهای داخلی $C_{gi} = ۲/۰$ و یا محاسبات دقیق‌تری که اندازه‌های بازشوها را در ساختمان، فشار حجم داخلی و انعطاف‌پذیری ساختمان را در نظر گرفته باشد.

ت: در تحلیل‌های دینامیکی C_g مقداری است که بطور مناسبی تلاطم باد، ابعاد و فرکانس سازه را در نظر گرفته باشد.

در این بخش، روش‌ها برای تعیین ضریب اثر جهشی باد خارجی و داخلی مربوط به بخش ۶-۱۰-۲ ارائه شده است. این دو ضریب که به ترتیب با C_g , C_{gi} نشان داده می‌شوند، به صورت نسبت حداکثر اثر بارگذاری به میانگین اثر بارگذاری تعریف می‌شوند. این دو ضریب، موارد زیر را در بر می‌گیرند:

الف) نیروهای نوسانی تصادفی باد که در اثر تلاطم در باد ایجاد شده و به مدت کوتاهی روی کل سازه یا بخشی از آن اثر می‌کنند،

ب) نیروهای نوسانی القائی به وسیلهٔ منطقه پشت سازه،

پ) نیروهای اینرسی اضافی ایجاد شده توسط حرکت خود سازه، هنگامی که به نیروهای نوسانی باد پاسخ می‌دهد،

ت) نیروهای آیرو دینامیکی اضافی به سبب دگرگونی و تغییر جریان هوا در اطراف سازه به علت حرکت خود سازه (اثرات آیرو الاستیک).

همهٔ سازه‌ها تا اندازه‌ای تحت تأثیر این نیروها قرار می‌گیرند. پاسخ کلی را می‌توان با جمع کردن یک مولفهٔ زمینه که به صورت شبه استاتیکی عمل می‌کند و مولفهٔ تشدیدی که به سبب نیروهای اینرسی ایجاد شده از تحریک نزدیک به فرکانس طبیعی سازه در نظر گرفته می‌شود، لحاظ نمود. برای اکثر سازه‌ها، مولفهٔ تشدیدی کوچک بوده و اثر دینامیکی را می‌توان تنها با مولفهٔ زمینه و با استفاده از روش‌های استاتیکی در نظر گرفت. برای سازه‌هایی که مخصوصاً بلند، لاغر، سبک و انعطاف‌پذیر یا با میرایی کم هستند، ممکن است مولفهٔ تشدیدی حاکم باشد. در مورد چنین سازه‌هایی باید از روش دینامیکی استفاده نمود.

۶-۱۰-۶-۴-ب ضریب اثر جهشی باد خارجی، C_g

مقادیر ضریب اثر جهشی باد خارجی، C_g، برای سازه‌های کوچک و کوتاه مرتبه یا سازه‌ها و اجزایی که صلبیت نسبتاً بالایی دارند، در بند ۶-۱۰-۶-۴-الف ارائه شده است.

ضرایب فشار بیشینه برخی از سازه‌های کوتاه مرتبه را می‌توان مستقیماً از آزمایش‌های تونل باد تعیین نمود. این ضرایب، ترکیبی از مقادیر C_p C_g هستند که با لحاظ کردن اثر جهشی باد علاوه بر ضریب شکل آیرو دینامیکی در تعیین ضریب فشار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۶-۱۰-۶-۴-پ اصلاح ضریب C_g برای خیز سرعت در بالای تپه‌ها و بالا آمدگی

خیز سرعت در بالای تپه‌ها و بالا آمدگی‌ها، عمدتاً میانگین سرعت باد را تحت تأثیر قرار داده و بر دامنهٔ نوسانات تلاطمی آن اثر ندارد. لذا باید ضریب اثر جهشی باد برای هر دو روش استاتیکی و دینامیکی تصحیح شود تا افزایش در دامنهٔ جستی باد جهشی را هنگامی که ضریب C_e^* از رابطه ۶-۱۰-۵ تعیین می‌شود، جبران نماید. رابطه ۶-۱۰-۶ ضریب اثر جهشی باد اصلاح شده را برای طراحی سازه‌های واقع در روی تپه‌ها و بالا آمدگی بیان می‌کند:

$$C_g^* = ۱ + (C_g - ۱)\sqrt{\frac{C_e}{C_e^*}} \qquad (۶-۱۰-۶)$$

که در آن:

C_g^* = ضریب اصلاح شده برای تپه‌ها و بالا آمدگی‌های زمین، و

C_g = ضریب اثر جهشی باد برای زمین تخت و با استفاده از

هنگامی که از مقدار C_p C_g ترکیبی استفاده می‌شود، این مقدار می‌تواند برای تپه‌ها و بالا آمدگی‌ها با ضرب نسبت $\frac{C_g^*}{C_g}$ که از معادله ۶-۱۰-۶ محاسبه می‌شود در مقدار $C_g = ۲$ برای سازهٔ ساختمان و $C_g = ۲/۵$ برای پوسته خارجی و اعضای ثانویه سازه‌ای استفاده شود. محاسبه شود

۶-۱۰-۶-۴-ت ضریب اثر جهشی باد داخلی

همان‌گونه که در بند ۶-۱۰-۶-۴-الف اشاره گردید، مقدار پیش فرض ضریب اثر جهشی باد داخلی، C_{gi}، باید ۲ در نظر گرفته شود. برای سازه‌های بزرگ که یک حجم تیغه‌بندی نشده منفرد را احاطه می‌کند، فشار داخلی زمان قابل توجهی را می‌گیرد تا به تغییرات در فشار خارجی پاسخ دهد و در نتیجه ضریب اثر باد جهشی را کاهش می‌دهد. در چنین مواردی، رابطهٔ زیر برای C_{gi} به جای مقدار پیش فرض استفاده می‌شود:

$$C_{gi} = ۱ + \frac{۱}{\sqrt{۱ + \tau}} \qquad (۶-۱۰-۷)$$

که τ یک متغیر وابسته به زمان است که فشار داخلی لازم دارد تا به تغییرات فشار خارجی در بازشوها پاسخ دهد و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\tau = \frac{V_.}{۶۹۵۰A}\left[۱ + ۱/۴۲ \times ۱۰^{۵}\,\frac{A_s}{V_.}\,\delta\right] \qquad (۶-۱۰-۸)$$

$V_.$ = حجم داخلی برحسب $m^۳$،

A = مساحت کل همهٔ بازشوهای خارجی حجم مورد نظر بر حسب $m^۲$،

A_s = مساحت کل سطح داخلی حجم مورد نظر(به استثنای دال‌های روی سطح زمین)، برحسب $m^۲$، و

δ = میزان انعطاف پذیری پوستهٔ ساختمان و میانگین تغییرمکان به سمت بیرون پوستهٔ احجام در هر واحد افزایش فشار داخلی، برحسب $\frac{m^۳}{N}$.

مقدار متعارف δ برای ساختمان‌های با پوستهٔ خارجی و نمای فلزی حدوداً $۵\times۱۰^{-۵}\,\frac{m^۳}{N}$ می‌باشد. در مواقعی که تخمین δ مشکل باشد، به طور محافظه کارانه صفر در نظر گرفته می‌شود.

۹-۶- ساختمانهای کوتاه (اعضای اصلی)

۶-۱۰-۶-۷ ضرایب فشار خارجی برای ساختمان‌های کوتاه مرتبه

ضرایب فشار خارجی توصیه شده برای طراحی ساختمان‌های کوتاه مرتبه در شکل ۶-۱۰-۲ الی ۶-۱۰-۶ ارائه شده است. این ضرایب بر اساس داده‌های به دست آمده از مطالعات تونل باد لایهٔ مرزی می‌باشند. در موارد مختلفی، درستی این داده‌ها با اندازه‌گیری‌های مقیاس کامل صحت‌سنجی شده است. این ضرایب مبتنی بر حداکثر فشارهای باد جهشی هستند که تقریباً ۱ ثانیه به طول می‌انجامد، و در نتیجه شامل یک مقداری از ضریب اثر باد جهشی، C_g می‌باشند. بنابراین، این ضرایب نشان دهندهٔ حاصل ضرب C_pC_g هستند. ضرایب فشار خارجی به ناحیهٔ مربوط به المان یا عضو مشخصی که فشار باد روی آن عمل می‌کند، اعمال می‌گردد.

ضرایب فشار جهشی خارجی در شکل‌های ۶-۱۰-۲ الی ۶-۱۰-۶ برای ساختمان‌های با نسبت‌های ارتفاع به عرض کمتر از ۰٫۵ و ارتفاع مبنای کمتر از ۲۰ متر در حالتی که عرض ساختمان بعد کوچکتر پلان، D_s، باشد، توصیه می‌گردد. در نبود اطلاعات بیشتر، این شکل‌ها را می‌توان برای ساختمان‌های با نسبت‌های ارتفاع به عرض کمتر از ۱ و ارتفاع مبنای کمتر از ۲۰ متر نیز به کار برد. به جز این محدودیت‌ها، باید از شکل ۶-۱۰-۷ نیز استفاده شود.

شکل ۶-۱۰-۲ مقادیر C_pC_g را برای سیستم مقاوم اصلی در برابر نیروی باد ساختمان‌های تحت تأثیر فشار باد در بیشتر از یک وجه، مانند قاب‌های ساختمانی، را نشان می‌دهد. توزیع بار ساده شده در شکل ۶-۱۰-۲ برای نمایش هر چه نزدیک‌تر رفتارهای سازه‌ای (فشار افقی، بلندشدگی و لنگرهای قاب) از آزمایشات تونل باد بدست آمده است. این نتایج حد مجاز بارگذاری جزئی جهشی باد را که در بند ۶-۱۰-۶-۴ به آن اشاره شده است، مشخص می‌کند.

معیار کوتاه یا بلند بودن سازه

در شکل ۶-۱۰-۲:

(۱) ساختمان باید برای کلیهٔ جهات باد طراحی شود. هرگوشه باید به نوبهٔ خود به عنوان گوشهٔ رو به باد مطابق شکل‌های مربوطه، در نظر گرفته شود. برای تمامی شیب‌های بام، به بارگذاری A و بارگذاری B به عنوان دو وضعیت بارگذاری جداگانه نیاز است تا سیستم سازه‌ای، در برابر کنش‌های باد، شامل پیچش، مقاومت کند.

کلا ۸ حالت بارگذاری متفاوت خواهیم داشت.
۴ حالت بارگذاری برای حالت الف و چهار حالت بار گذاری برای حالت ب

(۲) برای مقادیر نشان داده نشدهٔ شیب بام، ضریب C_pC_g می‌تواند به صورت خطی میانیابی شود.

(۳) ضرایب مثبت نشان دهندهٔ نیروهای رو به سطح هستند، در حالی که ضرایب منفی، نیروهای دور از سطح را نشان می‌دهند.

(۴) برای طراحی شالوده‌ها، به غیر از میل مهارهای قاب‌ها، تنها ۷۰٪ بار موثر باد در نظر گرفته می‌شود.

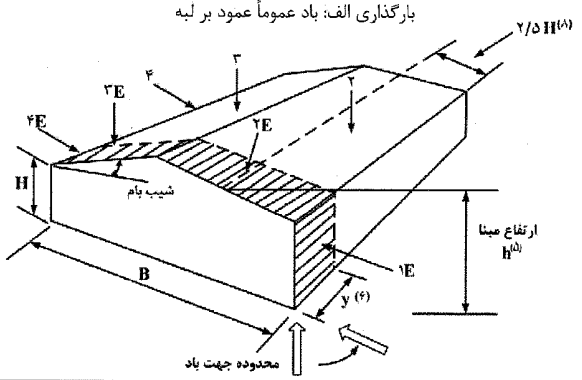
(۵) ارتفاع مبنا، h، برای محاسبهٔ فشار، ارتفاع میانه سقف یا ۶ متر، هر کدام که بزرگتر، می‌باشد. ارتفاع پاشیب، H، می‌تواند در صورت شیب کمتر از ۷° بام، جایگزین میانگین ارتفاع شود.

(۶) عرض ناحیهٔ انتهایی، y، باید ۶m یا ۲z هر کدام بزرگتر باشد، در نظر گرفته شود. z، ناحیهٔ انتهای دیوار ساختمان برای ترکیب بار B، تعریف شده است. از طرف دیگر، برای ساختمان‌های با قاب، ناحیهٔ انتهایی y می‌تواند فاصلهٔ بین انتها و نخستین قاب داخلی باشد.

(۷) عرض ناحیهٔ انتهایی z برابر ۱۰٪ کمترین بعد افقی یا ۴۰٪ ارتفاع، H، هر کدام کمتر باشد، است. این عرض، نباید از ۴٪ بعد افقی کوچکتر یا ۱ متر اختیار شود.

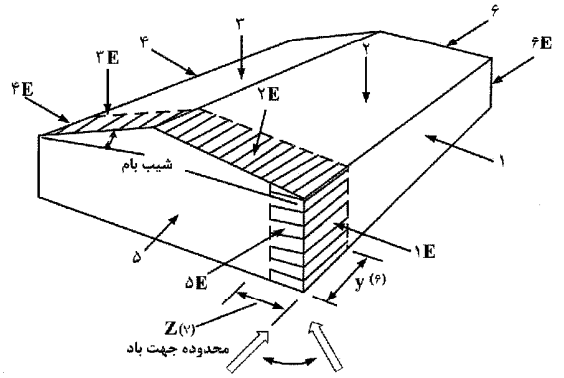
(۸) برای B/H<۵ در بارگذاری A، ضرایب منفی روی سطوح ۲، ۲E باید تنها روی سطحی اعمال شوند که پهنای آن از محل پاشیب رو به باد، ۲/۵H باشد. فشار روی بقیهٔ بام رو به باد باید به ضرایب مشخص شده برای بام پشت به باد (ضرایب مربوط به سطوح ۳، ۳E) کاهش یابد.

بارگذاری الف: باد عموماً عمود بر لبه



شیب بام	سطوح ساختمان							
	۱	۱E	۲	۲E	۳	۳E	۴	۴E
۰° تا ۵°	۰٫۷۵	۱٫۱۵	-۱٫۳	-۲٫۰	-۰٫۷	-۰٫۳	-۰٫۵۵	-۰٫۸
۲۰°	۱	۱٫۵	-۱٫۳	-۲٫۰	-۰٫۹	-۱٫۳	-۰٫۸	-۱٫۲
۴۵° تا ۳۰°	۱٫۰۵	۱٫۳	۰٫۴	۰٫۵	-۰٫۸	-۱٫۰	-۰٫۷	-۰٫۹
۹۰°	۱٫۰۵	۱٫۳	۱٫۰۵	۱٫۳	-۰٫۷	-۰٫۹	-۰٫۷	-۰٫۹

بارگذاری ب: باد عموماً موازی با لبه

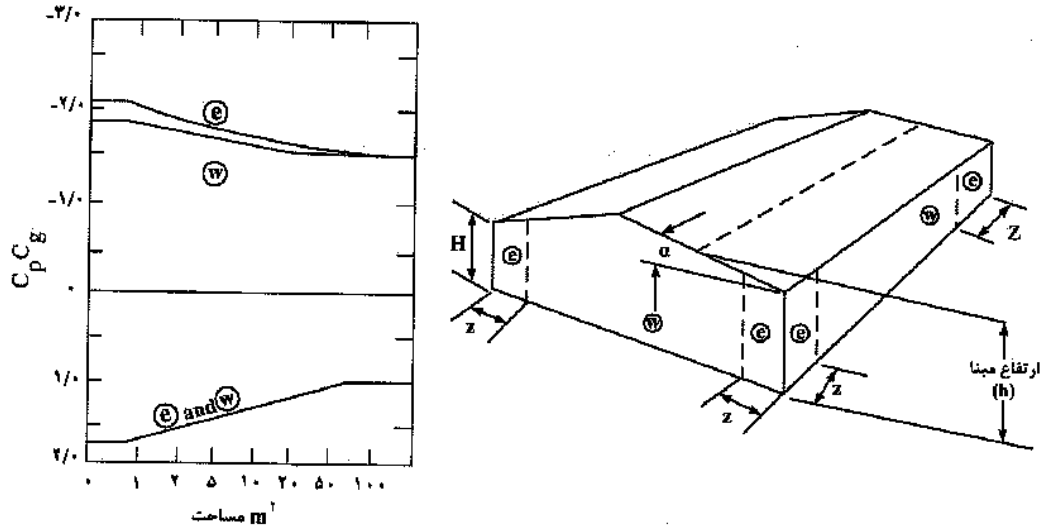


شیب بام	سطوح ساختمان											
	۱	۱E	۲	۲E	۳	۳E	۴	۴E	۵	۵E	۶	۶E
۰° تا ۹۰°	-۰٫۸۵	-۰٫۹	-۱٫۳	-۲٫۰	-۰٫۷	-۱٫۰	-۰٫۸۵	-۰٫۹	۰٫۷۵	۱٫۱۵	-۰٫۵۵	-۰٫۸

شکل ۶-۱۰-۲ ضریب بیشینه مرکب فشار و باد جهشی خارجی، C_pC_g، برای کنش‌های سازه‌ای اولیه ناشی از اثر هم زمان بار باد روی کلیه سطوح

$$z = Max[1, 0.04B, Min(0.1B, 0.4H)]$$
$$y = Max(6, 2z)$$

۹-۷- ساختمانهای کوتاه- دیوارها (پوسته، نما و اعضای ثانویه)



شکل ۶-۱۰-۳ ضریب ترکیبی بیشینه فشار و باد جهشی خارجی، C_pC_g، روی دیوارهای منفرد برای طراحی اجزاء سازه‌ای و پوسته خارجی ونما

در شکل ۶-۱۰-۳

(۱) این ضرایب برای هر شیب بامی (α) اعمال می‌شود.

(۲) محور افقی در نمودار، مساحت تحت طراحی در ناحیهٔ مشخص شده است.

(۳) عرض ناحیهٔ انتهایی z برابر ۱۰٪ کمترین بعد افقی یا ۴۰٪ ارتفاع، H، هر کدام کمتر باشد، است. این عرض، نباید از ۴٪ بعد افقی کوچکتر یا ۱ متر اختیار شود.

(۴) ترکیب فشار خارجی و داخلی باید برای دست‌یابی به بحرانی‌ترین حالت بارگذاری، ارزیابی شود.

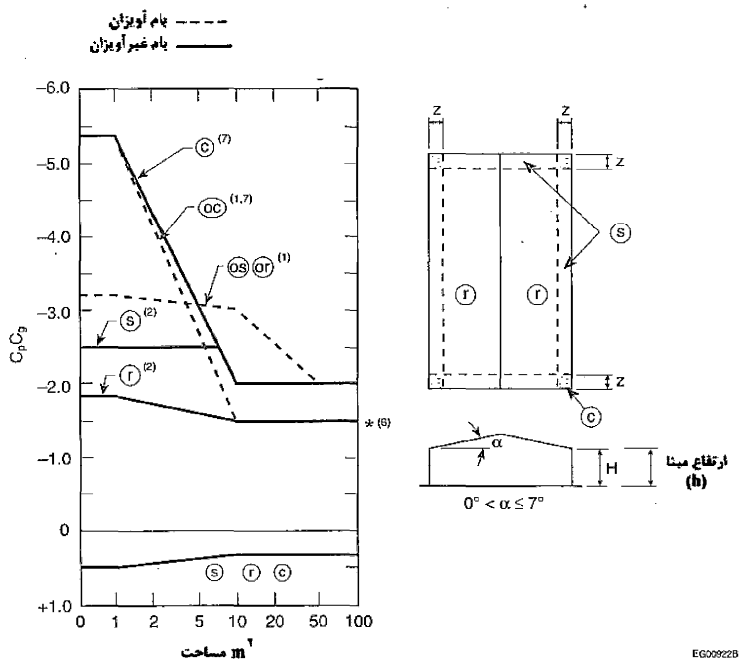
(۵) ضرایب مثبت نشان دهندهٔ نیروهای رو به سطح هستند، در حالی که ضرایب منفی، نیروهای دور از سطح را نشان می‌دهند. هر المان سازه‌ای باید برای هر دوی این نیروها طراحی شود.

(۶) ضرایب فشار می‌تواند معمولاً برای پوسته‌های خارجی با ویژگی‌های معماری بکار رود، با این حال، هنگامی که اعضای عمودی سازه عمیق‌تر از ۱ متر روی یک پوسته خارجی قرار می‌گیرند، C_pC_g = -۲٫۸ به منطقهٔ e اعمال می‌شود.

$$z = Max[1, 0.04B, Min(0.1B, 0.4H)]$$

۹-۸- ساختمانهای کوتاه- سقف با شیب کم (پوسته، نما و اعضای ثانویه)

- با توجه به پایین بودن کیفیت تصاویر در مبحث ششم، این تصاویر از مرجع اصلی آن (آیین نامه کانادا) قرار داده شده است.



شکل ۶-۱۰-۴ ضرایب ترکیبی بیشینه فشار ـ جهش باد، C_pC_g، روی سقف‌های با شیب ۷° یا کمتر، برای طراحی اجزای سازه‌ای و پوسته خارجی

در شکل ۶-۱۰-۴:

(۱) ضرایب برای بام‌های آویزان پیشوند "o" دارند که به مساحت‌های بام مشابه با آنچه که نماد متناظر بدون پیشوند، نشان می‌دهد، اشاره می‌کند. این ضرایب مشارکت هر دو سطوح بالایی و پایینی را شامل می‌شوند. در مورد طاق نماها، دیوارها به سمت داخل نمای کلی سقف هستند.

(۲) s ،r هم در مورد بام‌ها و هم در مورد سطوح بالایی سایه‌بان‌ها به کار می‌روند.

(۳) محور افقی در نمودار، مساحت تحت طراحی در ناحیهٔ مشخص شده است.

(۴) عرض ناحیهٔ انتهایی z برابر ۱۰٪ کمترین بعد افقی یا ۴۰٪ ارتفاع، H، هر کدام کمتر باشد، است. این عرض، نباید از ۴٪ بعد افقی کوچکتر یا ۱ متر اختیار شود.

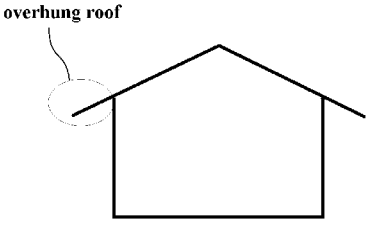
(۵) ترکیب فشار خارجی و داخلی باید برای دست‌یابی به بحرانی‌ترین حالت بارگذاری، ارزیابی شود.

(۶) ضرایب مثبت نشان دهندهٔ نیروهای رو به سطح هستند، در حالی که ضرایب منفی، نیروهای دور از سطح را نشان می‌دهند. هر المان سازه‌ای باید برای هر دوی این نیروها طراحی شود.

(۷) برای محاسبهٔ نیروهای بلندشدگی روی سطوح تحت تأثیر بزرگتر از m^2 ۱۰۰ روی بام‌های تقریباً بدون مانع با جان‌پناه‌های کوتاه، و جایی که مرکز سطح تحت تأثیر، از نزدیکترین لبه حداقل دو برابر ارتفاع ساختمان است، مقدار C_pC_g ممکن است در $\frac{X}{H}=$ ۲ به ۱٫۱- و در $\frac{X}{H}=$ ۵ به صورت خطی به ۰٫۶- کاهش یابد، که X فاصله تا نزدیکترین لبه و H ارتفاع ساختمان است.

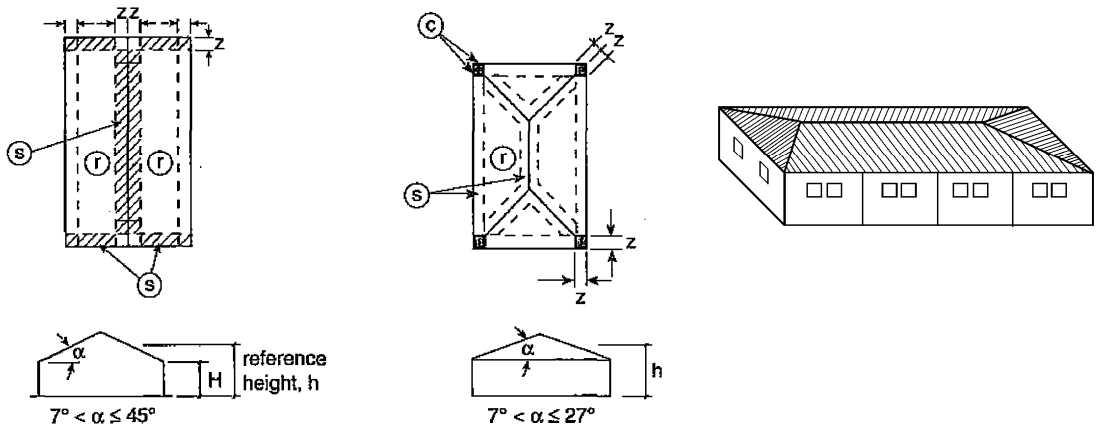
(۸) برای بام‌های با یک جان‌پناه محیطی که ارتفاع آن ۱ متر یا بیشتر است، ضرایب C_pC_g گوشه برای سطوح تحت تأثیر کوچک، می‌تواند از ۵٫۴- به ۴٫۴- کاهش یابد.

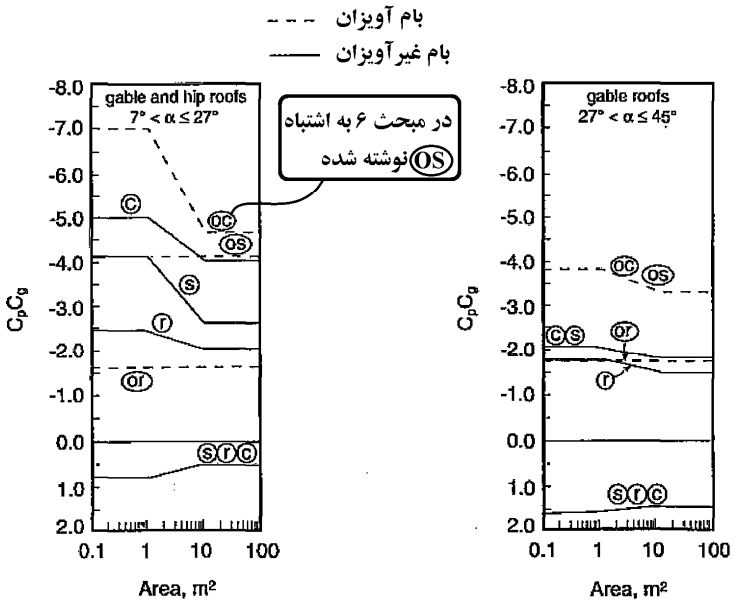
بام "آویزان" ترجمه "overhung roofs" می باشد:



۹-۹- ساختمانهای کوتاه- سقف تک دهانه با شیب بالا (پوسته، نما و اعضای ثانویه)

- با توجه به پایین بودن کیفیت تصاویر در مبحث ششم، این تصاویر از مرجع اصلی آن (آیین نامه کانادا) قرار داده شده است.





شکل ۶-۱۰-۵ ضرایب ترکیبی بیشینه فشار ـ جهش باد خارجی، C_pC_g، روی بام‌های شیروانی تک دهانه و چند شیبه با شیب ۷° یا بیشتر برای طراحی اجزای و پوسته خارجی

در شکل ۶-۱۰-۵:

(۱) ضرایب برای بام‌های آویزان پیشوند "o" دارند که به مساحت‌های بام مشابه با آن‌چه که نماد متناظر بدون پیشوند، نشان می‌دهد، اشاره می‌کند. این ضرایب مشارکت هر دو سطوح بالایی و پایینی را شامل می‌شوند. در مورد طاق نماها، دیوارها به سمت داخل نمای کلی سقف هستند.

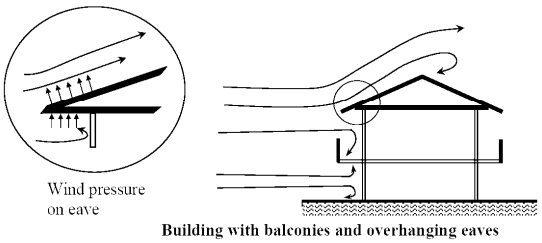
(۲) محور افقی در نمودار، مساحت تحت طراحی در ناحیهٔ مشخص شده است.

(۳) عرض ناحیهٔ انتهایی z برابر ۱۰٪ کمترین بعد افقی یا ۴۰٪ ارتفاع، H، هر کدام کمتر باشد، است. این عرض، نباید از ۴٪ بعد افقی کوچکتر یا ۱ متر اختیار شود.

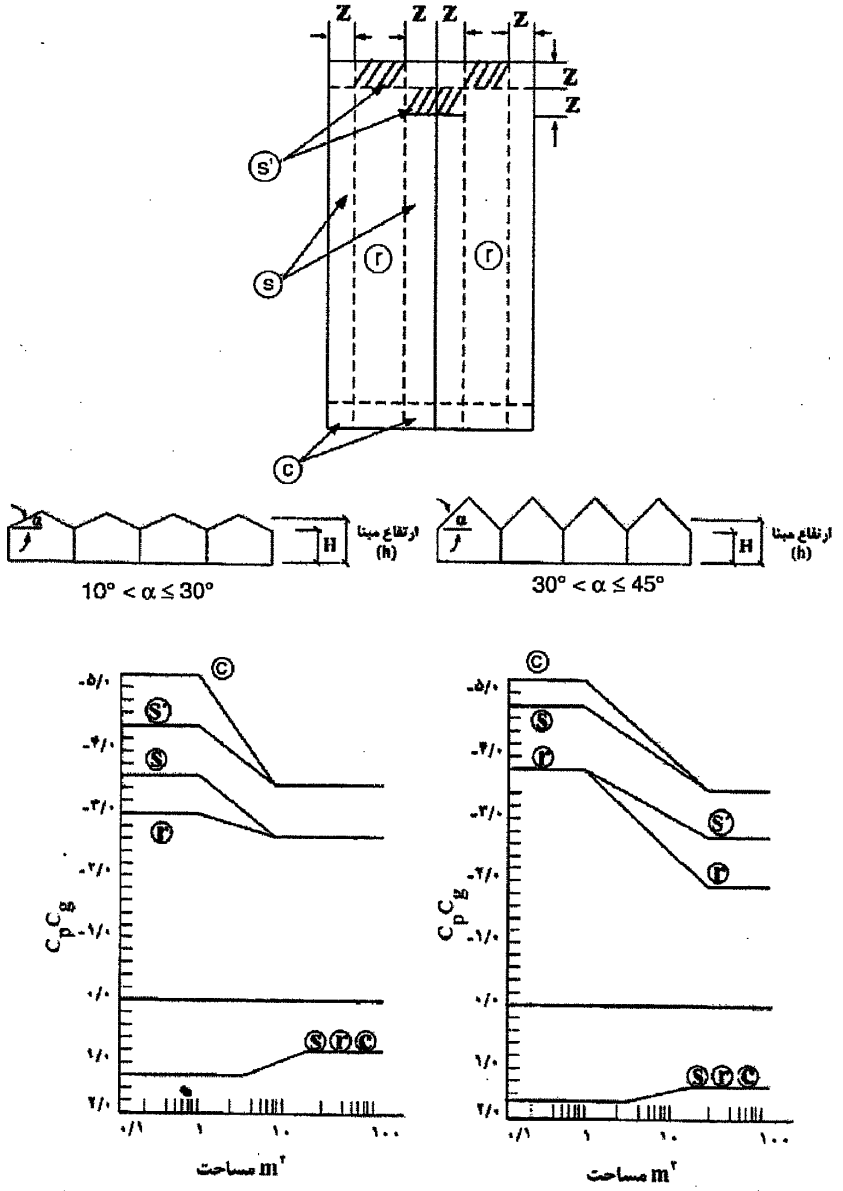
(۴) ترکیب فشار خارجی و داخلی باید برای دست‌یابی به بحرانی‌ترین حالت بارگذاری، ارزیابی شود.

(۵) ضرایب مثبت نشان دهندهٔ نیروهای رو به سطح هستند، در حالی که ضرایب منفی، نیروهای دور از سطح را نشان می‌دهند. هر المان سازه‌ای باید برای هر دوی این نیروها طراحی شود.

(۶) برای بام‌های چند شیبه با $۲۷° \le \alpha \le ۷°$، نوارهای لبه تارک و ضرایب فشار ـ جهش باد برای تارک‌های بام‌های شیروانی‌دار، در امتداد هر شیب اعمال می‌شوند.



۹-۱۰- ساختمانهای کوتاه- سقف چند دهانه با شیب بالا (پوسته، نما و اعضای ثانویه)



شکل ۶-۱۰-۶ ضرایب ترکیبی بیشینه فشار ـ جهش باد، C_pC_g، روی بام‌های شیروانی (دندانه‌ای) چند دهانه با شیب بزرگتر از ۱۰°برای طراحی اجزای سازه‌ای و پوسته خارجی

در شکل ۶-۱۰-۶:

(۱) محور افقی در نمودار، مساحت تحت طراحی در ناحیهٔ مشخص شده است.

(۲) عرض ناحیهٔ انتهایی z برابر ۱۰٪ کمترین بعد افقی یا ۴۰٪ ارتفاع، H، هر کدام کمتر باشد، است. این عرض، نباید از ۴٪ بعد افقی کوچکتر یا ۱ متر اختیار شود.

(۳) ترکیب فشار خارجی و داخلی باید برای دست‌یابی به بحرانی‌ترین حالت بارگذاری، ارزیابی شود.

(۴) ضرایب مثبت نشان دهندهٔ نیروهای رو به سطح هستند، در حالی که ضرایب منفی، نیروهای دور از سطح را نشان می‌دهند. هر المان سازه‌ای باید برای هر دوی این نیروها طراحی شود.

(۵) برای $\alpha \leq 10°$ ، ضرایب داده شده در شکل ۶-۱۰-۴ اعمال می‌گردد.

دور از سطح را نشان می‌دهند. هر المان سازه‌ای باید برای هر دوی این نیروها طراحی شود.

(۶) برای بام‌های چند شیبه با $7° \leq \alpha \leq 27°$، نوارهای لبه تارک و ضرایب فشار ـ جهش باد برای تارک‌های بام‌های شیروانی‌دار، در امتداد هر شیب اعمال می‌شوند.

محاسبات ۹۳

۱۵- اگر سرعت مبنای باد در محل A حدود 1.3 برابر سرعت مبنای باد در محل B باشد، نسبت فشار مبنای باد در محل A به فشار مبنای باد در محل B حدوداً چقدر است؟

۱) 1.15 ۲) 1.3 ۳) 1.7 ۴) 2

گزینه ۳

$$1.3^2 = 1.69$$

محاسبات ۹۳

۱۵- اگر سرعت مبنای باد در محل A حدود 1.3 برابر سرعت مبنای باد در محل B باشد، نسبت فشار مبنای باد در محل A به فشار مبنای باد در محل B حدوداً چقدر است؟

۱) 1.15 ۲) 1.3 ۳) 1.7 ۴) 2

گزینه ۳

$$1.3^2 = 1.69$$

محاسبات-۹۱

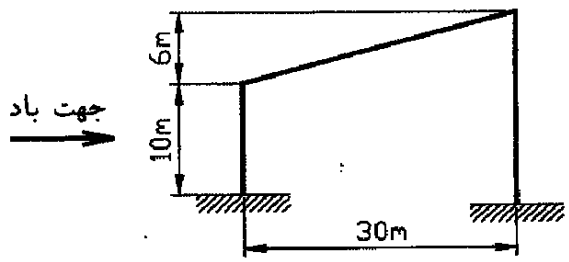
۴۷-برای طراحی لاپه‌های بام با شیب 25 درجه و با ارتفاع کل کمتر از 6 متر واقع در داخل شهر کرج، مقدار مکش ناشی از باد برحسب دکانیوتن بر مترمربع، در نواحی غیر پیرامونی بام به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

۱) 80 ۲) 112
۳) 64 ۴) 96

محاسبات- ۹۰

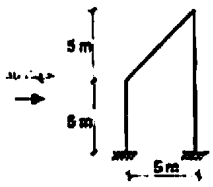
۷- برای ساختمان شیب دار شکل زیر که در اطراف شهر گرگان واقع شده است و در محوطه باز نسبتا عاری از ساختمان‌های اطراف ساخته می شود و طول آن 60 متر است، کل مولفه افقی نیروی باد برای این ساختمان بطور محافظه کارانه به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

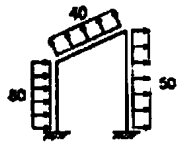
۱) 803.3 kN
۲) 632.8 kN
۳) 448.5 kN
۴) 1102.1 kN

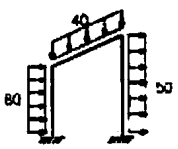


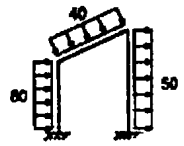
محاسبات ۹۲

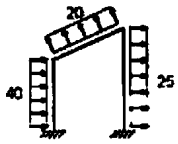
۸-سالن نشان‌داده شده در شکل مقابل درخارج از منطقه شهری همدان قرار دارد. بارگذاری باد برای این سالن برحسب دکانیوتن بر مترمربع باید مطابق کدامیک از گزینه‌های زیر باشد؟



۱)


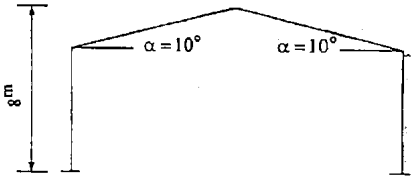
۲)


۳)


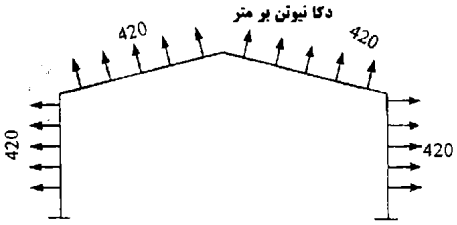
۴)


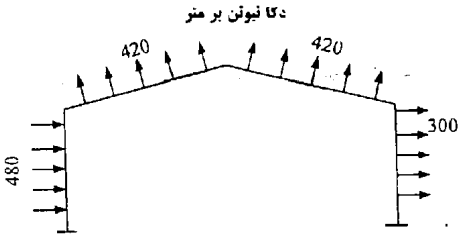
محاسبات ۸۴- پایه ۱

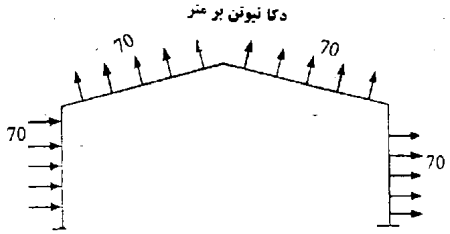
۳- در یک سالن صنعتی فاصله سوله‌ها از همدیگر ۶m است. محل احداث سالن یک فضای باز و در حومه شهری است که فشار مبنای باد در آن ۵۰ دکانیوتن بر متر مربع است. نیروهای باد وارد به یکی از سوله‌های میانی در حالتی که امتداد اثر باد عمود بر صفحه سوله است مطابق با کدام‌یک از اشکال زیر خواهد بود:



۱) به اعضا سوله‌های میانی هیچ‌گونه نیرویی وارد نمی‌شود.

۲)


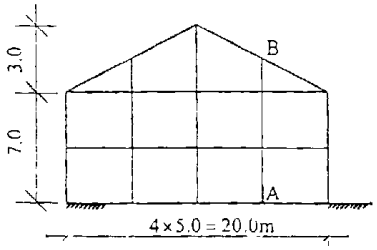
۳)


۴)


محاسبات ۸۴- پایه ۱

۴- قاب نشان داده شده، دهانه ورودی یک انبار در خارج تهران است که در محوطه نسبتاً خلوتی ساخته می‌شود. ستون AB را برای چه لنگر خمشی ناشی از بار باد طراحی می‌کنید. دو انتهای ستون بر روی تکیه‌گاه‌های ساده تکیه دادند.

۱) ۵ تن- متر
۲) ۵٫۴
۳) ۶٫۳
۴) ۱۱٫۷



۹-۱۱- ساختمانهای بلند

۶-۱۰-۶-۸ ضرایب فشار خارجی برای ساختمان‌های بلند مرتبه

شکل ۶-۱۰-۷ ضرایب فشار خارجی مورد استفاده برای ساختمان‌های مستطیلی در پلان، با ارتفاع، H، بزرگتر از ۲۰ متر یا بعد کوچکتر پلان، D_S، را در بر می‌گیرد. ضرایب به صورت ضریب فشار متوسط زمانی و فضائی، C_p، یا صرفاً به صورت ضریب فشار محلی متوسط زمانی، C_p^*، داده شده اند. ضریب فشار محلی $C_p = \pm ۰/۹$، که در طراحی سطوح کوچک پوستهٔ خارجی یا نما (در حدود اندازه یک پنجره) استفاده می‌شود، می‌تواند تقریباً در هر جا و در هر ترازی، به جز نزدیک گوشه‌ها که C_p^* محلی برابر با ۱٫۲ مناسب است، اعمال گردد.

C_p^*

در شکل ۶-۱۰-۷:

(۱) W, D به ترتیب نشان‌دهندهٔ ابعاد پلان پای ساختمان در روی شالوده، در جهت باد و جهت عمود بر باد می‌باشند.

(۲) ضرایب C_p نشان داده شده رو به باد دیوار، هنگامی که جهت باد عمود بر دیوار است، قابل اعمال‌اند.

(۳) ضرایب C_p^*، برای مکش‌های موضعی شدید ایجاد شده توسط وزش باد با یک زاویه کوچکی به سمت دیوار می‌باشند. این ضرایب باید برای طراحی پوسته خارجی و سطوح بام کوچک به کار روند، لیکن نباید به همراه C_p برای کل ساختمان در نظر گرفته شوند.

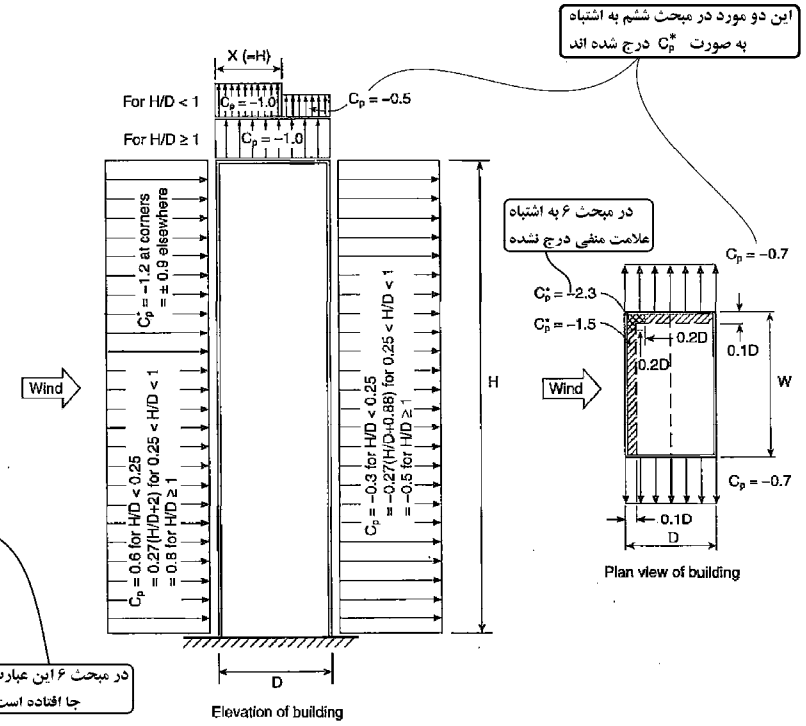
(۴) ترکیب فشار خارجی و داخلی باید برای دست‌یابی به بحرانی‌ترین حالت بارگذاری، ارزیابی شود. ضرایب فشار داخلی، C_{pi}، در بند ۶-۱۰-۶-۹ ارائه شده‌اند. C_p^*

(۵) ضرایب فشار نشان داده شده معمولاً برای نماهای شیشه‌ای فاقد عضو نگهدارنده قائم خمیده عمیق به کار می‌رود. در چنین نماهائی، $C_p^* = -۱٫۲$ که برای گوشه‌ها داده شده، برای ناحیهٔ گوشه که عرض آن ۰٫۱D است، به کار می‌رود. هنگامی که عضو نگهدارنده قائم خمیده عمیق‌تر از ۱ متر روی این نماهای شیشه‌ای قرار می‌گیرند، به یک ناحیهٔ گوشه که عرضش ۰٫۲D است، $C_p^* = -1.4$ اعمال می‌گردد.

(۶) مقدار C_p^* را برای بام‌های با جان پناه‌های محیطی بلندتر از ۱ متر، از ۲٫۳- به ۲- باید کاهش داد.

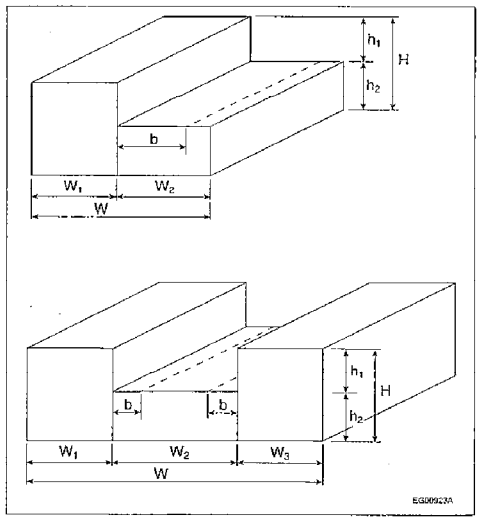
(۷) در سطوح پایین‌تر بام‌های پله‌ای مسطح، ضرایب فشار مثبت مساوی با همین مقادیر برای دیوارها، برای فاصلهٔ b اعمال می‌شود (به شکل ۶-۱۰-۷ برای تعریف b رجوع شود). بخش‌هایی از دیوارها بالای بام‌های پایین‌تر، ضرایب مشابه با دیوارهای دیگری دارند که به نحو مشابهی در برابر جریان باد چرخیده باشند.

Figure I-10



شکل ۶-۱۰-۷ ضرایب فشار خارجی C_p و C_p^*، برای ساختمانهای با بام تخت

در مبحث ۶ این عبارت جا افتاده است



این شکل فراموش شده ترجمه شود

Figure I-10

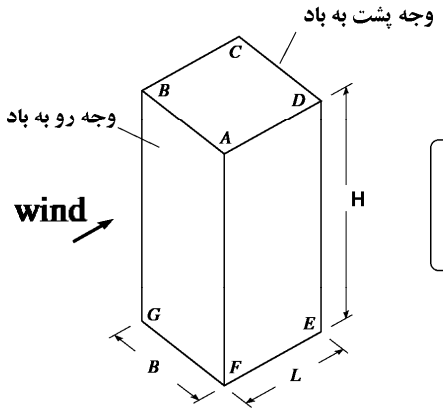
External peak composite pressure-gust coefficients, C_pC_g, for the design of the structural components and cladding of buildings with stepped roofs

Notes to Figure I-10:

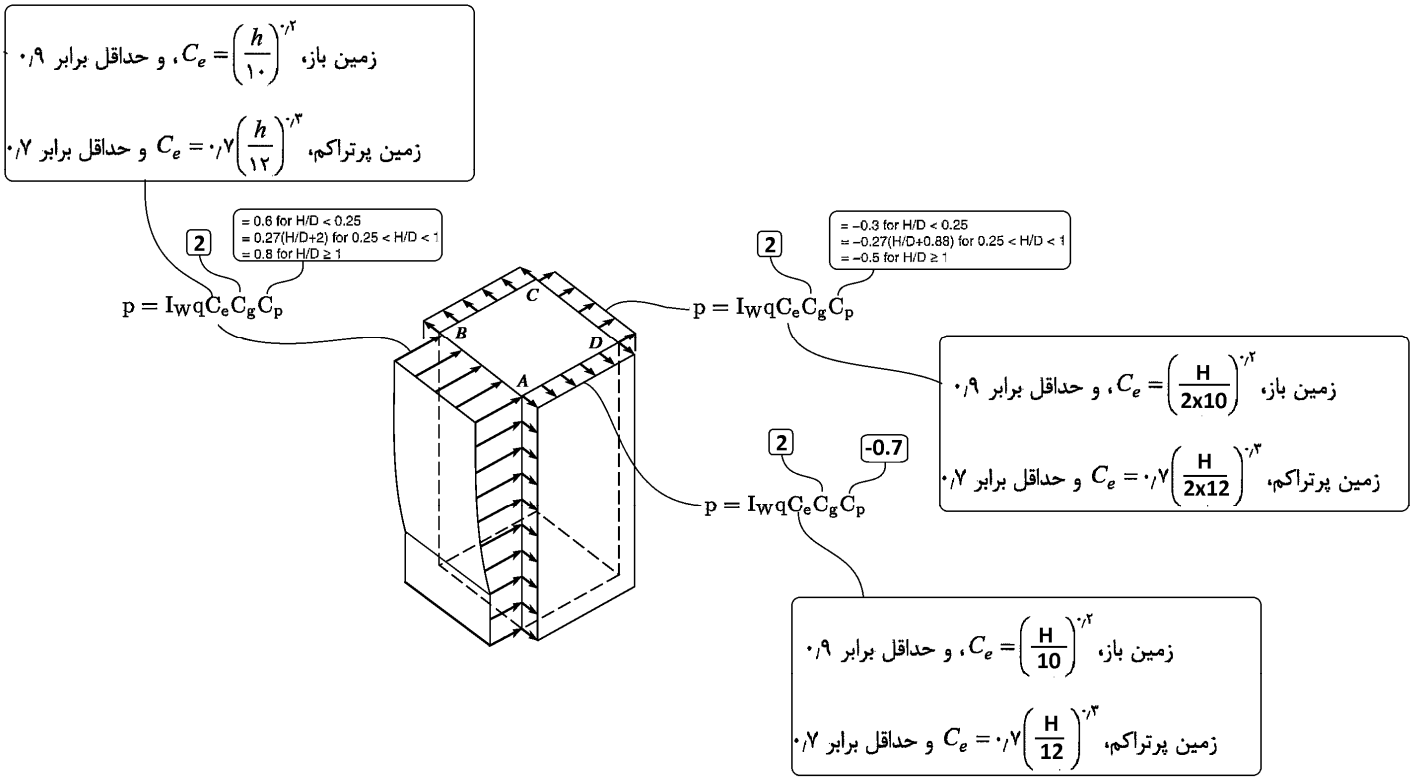
(1) The zone designations, pressure-gust coefficients and notes provided in Figure I-9 apply on both the upper and lower levels of flat stepped roofs, except that on the lower levels, positive pressure-gust coefficients equal to those in Figure I-8 for walls apply for a distance, b, where b is equal to $1.5h_1$ but not greater than 30 m. For all walls in Figure I-10, zone designations and pressure coefficients provided for walls in Figure I-8 apply.[42][43]

(2) Note (1) above applies only when the following conditions are met: $h_1 \geq 0.3H$, $h_1 \geq 3$ m, and W_1, W_2, or W_3 is greater than 0.25W but not greater than 0.75W

- برای طراحی پوسته و نما در سازه های بلند از ضرایب C_p^* استفاده کرد و شکل زیر قابل استفاده نمی باشد.

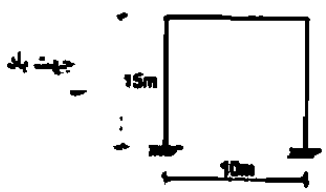


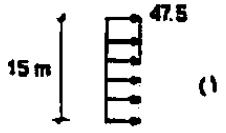
(ب) برای ساختمان‌های بلندتر،
h برای وجه رو به باد، ارتفاع واقعی آن نقطه در بالای زمین است،
h برای وجه پشت به باد، نصف ارتفاع ساختمان، و
h برای بام و دیوارهای جانبی، ارتفاع ساختمان است.

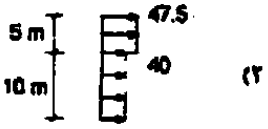


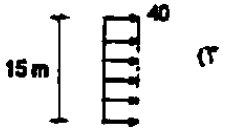
محاسبات ۹۲

۲- در سازه نشان داده شده توزیع نیروی باد روی دیوار پشت به باد برحسب دکانیوتن بر مترمربع مطابق کدامیک از گزینه‌های زیر است؟ سازه در داخل شهر کاشان می‌باشد.



۱) 

۲) 

۳) 

۴)

۹-۱۲- محاسبه فشار داخلی بار باد

فشار خالص ناشی از باد بر یک جزء یا تمام سطح یک ساختمان از جمع جبری فشار و مکش بدست می‌آید. فشار یا مکش داخلی در اثر باد از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$p_i = I_w q C_e C_{gi} C_{pi} \qquad (۶-۱۰-۲)$$

در این رابطه:

p_i = فشار داخلی که بصورت استاتیکی در جهت عمود بر سطح، به شکل فشار وارد بر سطح یا مکش به سمت خارج از سطح عمل می‌کند.

I_W = ضریب اهمیت برای بار باد طبق جدول ۶-۱-۲

C_e = ضریب بادگیری طبق بند ۶-۱۰-۶-۱

C_{gi} = ضریب اثر جهشی باد داخلی که طبق بند ۶-۱۰-۶-۴ بیان شده است.

C_{pi} = ضریب فشار داخلی

۶-۱۰-۶-۴ ضریب اثر جهشی باد، C_g ، C_{gi}

۶-۱۰-۶-۴-الف کلیات

ضریب اثر جهشی باد C_g باید مطابق با یکی از موارد ذیل اختیار شود.

الف: برای کل ساختمان و اعضای اصلی سازه $C_g = ۲/۰$

ب: برای فشار خارجی و مکش در اعضاء کوچک از جمله نما یا پوسته خارجی $C_g = ۲/۵$

پ: برای فشارهای داخلی $C_{gi} = ۲/۰$ و یا محاسبات دقیق‌تری که اندازه‌های بازشوها را در ساختمان، فشار حجم داخلی و انعطاف‌پذیری ساختمان را در نظر گرفته باشد.

۶-۱۰-۶-۴-ت ضریب اثر جهشی باد داخلی

همان‌گونه که در بند ۶-۱۰-۶-۴-الف اشاره گردید، مقدار پیش فرض ضریب اثر جهشی باد داخلی، C_{gi}، باید ۲ در نظر گرفته شود. برای سازه‌های بزرگ که یک حجم تیغه‌بندی نشده منفرد را احاطه می‌کند، فشار داخلی زمان قابل توجهی را می‌گیرد تا به تغییرات در فشار خارجی پاسخ دهد و در نتیجه ضریب اثر باد جهشی را کاهش می‌دهد. در چنین مواردی، رابطهٔ زیر برای C_{gi} به جای مقدار پیش فرض استفاده می‌شود:

$$C_{gi} = ۱ + \frac{۱}{\sqrt{۱ + \tau}} \qquad (۶-۱۰-۷)$$

که τ یک متغیر وابسته به زمان است که فشار داخلی لازم دارد تا به تغییرات فشار خارجی در بازشوها پاسخ دهد و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\tau = \frac{V_.}{۶۹۵۰A}\left[۱ + ۱/۴۲ \times ۱۰^{۵}\frac{A_s}{V_.}\delta\right] \qquad (۶-۱۰-۸)$$

$V_.$ = حجم داخلی برحسب $m^۳$ ،

A = مساحت کل همهٔ بازشوهای خارجی حجم مورد نظر بر حسب $m^۲$ ،

A_s = مساحت کل سطح داخلی حجم مورد نظر(به استثنای دال‌های روی سطح زمین)، برحسب $m^۲$، و

δ = میزان انعطاف پذیری پوستهٔ ساختمان و میانگین تغییرمکان به سمت بیرون پوستهٔ احجام در هر واحد افزایش فشار داخلی، برحسب $\frac{m^۳}{N}$.

مقدار متعارف δ برای ساختمان‌های با پوستهٔ خارجی و نمای فلزی حدوداً $۵\times۱۰^{-۵}\frac{m^۳}{N}$ می‌باشد. در مواقعی که تخمین δ مشکل باشد، به طور محافظه کارانه صفر در نظر گرفته می‌شود.

۶-۱۰-۶-۹ ضریب فشار داخلی، C_{pi}

ضریب فشار داخلی، C_{pi}، اثر باد روی فشار هوای درون ساختمان را تعریف می‌کند و هم در طراحی المان‌های پوسته خارجی و هم سازهٔ اصلی اهمیت دارد. بزرگی این ضریب بستگی به توزیع و اندازهٔ منافذ نشت هوا و بازشوها دارد که هوای داخلی را به بیرون انتقال می‌دهد. با ترک‌ها و منفذهای بسیار کوچک که یکنواخت توزیع شده باشند، خروج هوا آهسته صورت می‌گیرد. اگر چه فشار داخلی تقریباً با فشار خارجی متوسط روی سطح در معرض باد، به تعادل خواهد رسید، لیکن اثر جهش باد تقلیل خواهد یافت. اگر بازشوها بزرگتر و قابل ملاحظه‌تر باشند (در مقیاس با درها و پنجره‌ها) فشار داخلی به فشار خارجی در بزرگترین بازشوی حاکم، نزدیک خواهد شد و فشارهای جهشی در داخل احساس خواهد شد.

به خاطر قابلیت تغییر و عدم قطعیت اندازه و توزیع بازشوها، ضرایب فشار داخلی می‌تواند محدودهٔ وسیعی را در برگیرد. علی رغم این عدم قطعیت‌ها، استفاده از ضرایب داده شده در ادامهٔ این بخش، برای هر دو روش استاتیکی و دینامیکی، کافی است. ضریب C_{pi} به این بستگی دارند که بازشوهای بزرگ و یا کوچک هوا از آنها عبور می‌کند، به طور یکنواخت توزیع شده باشند. در این‌جا، یک بازشوی بزرگ یا قابل ملاحظه به معنای یک بازشو منفرد یا ترکیبی از بازشوها روی هر دیواری است که راهرویی را برای باد فراهم می‌کند که مساحتی معادل دو برابر یا بیشتر از مساحت متناظر آن در سطوح باقی ماندهٔ ساختمان، شامل بام باشد. چنین بازشوی قابل توجهی، ممکن است توسط درهای اصلی، درهای مخصوص حمل و نقل پنجره‌ها و دریچه‌های تهویه در صورت باز بودن در زمان طوفان و یا شکستن ایجاد شود.

برای کنترل دامنهٔ شرایطی که می‌تواند موجود باشد، سه گروه اصلی طراحی در زیر ارائه شده است. برای هر یک از این سه گروه، C_{gi} با استفاده از الزامات بند ۶-۱۰-۶-۴-ت محاسبه شده است:

گروه ۱: صفر تا ۰/۱۵- $= C_{pi}$

این گروه، شامل ساختمان‌های بدون هرگونه بازشوهای بزرگ یا قابل توجه است، اما بازشوهای کوچک یکنواخت توزیع شده دارای مساحتی کمتر از ۰/۱ درصد مساحت کل سطح می شود. مقدار C_{pi} باید ۰/۱۵- در نظر گرفته شود. در مواردی که چنین بازشوهایی، بار خارجی را کاهش می‌دهند؛ ضریب $C_{pi} = ۰$ اختیار می‌شود. چنین ساختمان‌هایی شامل ساختمان‌های بلند مرتبه هستند که اسماً هوابندی شده‌اند و هیچ پنجره و در توری قابل باز شدن نداشته و به صورت مکانیکی تهویه می‌شوند.

برخی ساختمان‌های کوتاه مرتبهٔ کمتر متداول، مثل انبارهای بدون پنجره که در آن‌ها سیستم‌های در معرض خرابی در طوفان نمی‌باشند، نیز در این گروه قرار دارند.

گروه ۲: ۰/۳ تا ۰/۴۵- $= C_{pi}$

این گروه در بر گیرندهٔ ساختمان‌هایی است که در صورت داشتن بازشوهای بزرگ می‌توان به بسته شدن آن‌ها، در طول طوفان‌ها اعتماد کرد، لیکن در این ساختمان‌ها نشت هوا از منافذ ممکن است یکنواخت توزیع نشده باشد. اکثر ساختمان‌های کوتاه مرتبه در این گروه جای می‌گیرند مشروط بر این‌که تمام اجزای ساختمان مخصوصاً درهای حمل و نقل و پارکینگ در برابر باد کاملاً مقاوم باشند. اکثر ساختمان‌های بلند مرتبه با پنجره‌های قابل بازشو یا درهایی که پشت بالکن باز می شوند نیز در این گروه واقع می‌شوند.

گروه ۳: ۰/۷ تا ۰/۷- $= C_{pi}$

این گروه، ساختمان‌های با بازشوهای بزرگ یا قابل توجه را در بر می‌گیرد که از طریق آن‌ها بادهای جهشی به فضای داخلی انتقال می‌یابند. مثال‌های چنین ساختمان‌هایی شامل پناهگاه‌های با یک ضلع باز یا بیشتر و نیز ساختمان‌های صنعتی با درهای حمل و نقل بزرگ، دستگاه‌های تهویه و مانند آن‌ها هستند که احتمال باز بودن آن‌ها در طول طوفان‌ها وجود دارد یا کاملاً مقاوم نیستند.

یکی از تهدیدات همیشگی در طوفان‌های شدید، شکستن سطوح شیشه‌ای بدون حفاظ و دیگر اجزای آسیب پذیر توسط ذرات و اشیاء کوچک معلق در هوا است. سازه‌هایی که باید قابلیت بهره‌برداری پس از طوفان را داشته باشند لازم است توانایی مقاومت در برابر کلیهٔ پیامدهای شکست شیشه‌ها را داشته و الزامات گروه ۳ برآورده نماید. برای دیگر سازه‌ها که در آن، شیشه برای باد طراحی شده و حفاظت کافی در برابر بلند شدگی بام وجود دارد، احتمال وقوع خرابی شیشه به سبب ذرات و اشیاء معلق در هوا، توسط ضرایب معمول بار برای باد لحاظ شده است.

در اکثر موارد، نیازی نیست که فشارهای داخلی غیریکنواخت، جز در طراحی تیغه‌بندی‌های داخلی در نظر گرفته شود. در نتیجه، برای اکثر طراحی‌های سازه‌ای، دو مقدار حدی فشار داخلی (در گروه‌های بالا) می‌تواند به طور جداگانه در نظر گرفته شود، مگر این‌که دیوارهای داخلی ساختمان به خوبی هوابندی شده باشند و خرابی باد و امثال آن بتواند یک سطح از ساختمان را در شرایط گروه ۳ قرار دهد، در صورتی که بقیهٔ ساختمان در گروه ۱ یا ۲ باقی می‌ماند و منجر به فشارهای داخلی نامتوازن می‌گردد.

فشارهای داخلی همچنین تحت تأثیر تهویهٔ مکانیکی و اثر دودکش در اثر تفاضل درجه حرارت بیرون و داخل قرار می‌گیرند. تحت بهره‌برداری معمول، سیستم‌های تهویهٔ مکانیکی، تفاضلی کمتر از ۰/۱ کیلو نیوتن بر مترمربع در دیوارها ایجاد می‌کند، در حالیکه اثر دودکش به سبب اختلاف دمای ۴۰°C می‌تواند تفاضلی برابر ۰/۲ کیلو نیوتن بر متر مربع در هر ۱۰۰ متر ارتفاع ساختمان برسد.

۹-۱۳- بار گذاری جزئی

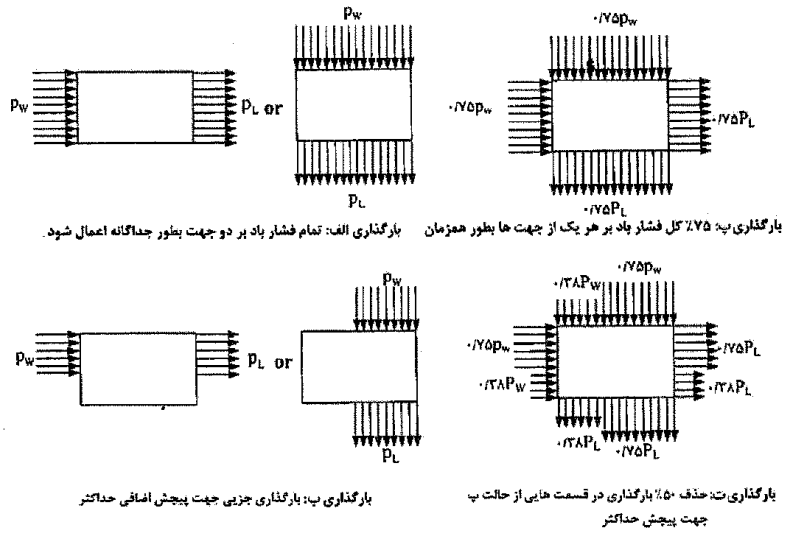
۶-۱۰-۶-۱۰ بارگذاری جزیی

بارگذاری جزئی باد، در مواردی می‌تواند باعث اثرات شدیدی نسبت به بارگذاری کلی داشته باشد. الگوهای فشار مشاهده شده در باد متلاطم، بارگذاری کاهش یافته در بخش‌هایی از نمای ساختمان را نشان می‌دهد که می‌تواند تولید پیچش اضافی دراثر انتقال افقی بردار بار باد نماید. بار باد کاهش یافته ولی همزمان در امتداد هر دو جهت می‌تواند به وسیله وزش باد به صورت قطری در ساختمان اعمال شود که تولید تنش‌های بزرگتری در تعدادی از اعضای سازه‌ای ایجاد کند. سازه‌های دیگر مانند بام‌های قوسی احتمال دارد تنش‌های بزرگتری تحت اثر بارگذاری جزئی تحمل کنند. همه انواع ساختمان‌ها باید دربرابر بارهای جزئی طراحی و کنترل شوند.

ساختمان‌های کوتاه که با روش استاتیکی طرح شده‌اند (شکل ۶-۱۰-۲) نیازی به داشتن بارهای نامتعادل اضافی ندارند. فشار ساختمان‌های بلندتر علاوه بر این‌که برای بار باد کلی در امتداد هر دو جهت اصلی که در شکل ۶-۱۰-۸ حالت "الف" نشان داده شده است، طراحی می‌شوند، باید برای پیچش اضافی حداکثر ناشی از بارگذاری جزیی ایجاد شده توسط اعمال فشار باد به تنها یک قسمت از وجه ساختمان مطابق شکل ۶-۱۰-۸ حالت "ب"، برای ساختمان‌های با پلان مستطیلی، نیز کنترل گردند.

برای در نظر گرفتن اثرات شدید ناشی از بار باد قطری و همچنین برای نوسان سازه‌ها در جهت عمود بر باد، سازه‌های بلند باید برای ۷۵٪ فشار باد حداکثر در هریک از جهت‌های اصلی که به‌طور

همزمان اعمال می‌شود مطابق شکل ۶-۱۰-۸ حالت پ طراحی شوند. به‌علاوه اثر حذف ۵۰٪ بارهای حالت "پ" از قسمت‌هایی از وجه ساختمان که پیچش را حداکثر می‌کند، مطابق شکل ۶-۱۰-۸ حالت "ت" باید بررسی شود.



شکل ۶-۱۰-۸ بارگذاری باد کامل و جزئی

(۱) P_L, P_W : به ترتیب فشار درجهت رو به باد و پشت به باد می‌باشد.

(۲) در حالت "ب" فشار کل باد باید به تنها بخش‌هایی از وجه دیوار اعمال شود که پیچش ناشی از باد حداکثر گردد.

۹-۱۴- موارد خاص

۶-۱۰-۷ بار باد برروی سازه‌های مختلف

۶-۱۰-۷-۱ دیوارهای داخلی و تیغه‌بندی‌ها

اگر در اثر طوفان پنجره‌ها شکسته شوند، اختلاف فشارهای قابل توجهی در عرض دیوارهای داخلی و تیغه‌بندی‌ها در سازه‌های بلند ایجاد می‌شود. در برخی مناطق تقریباً کل اختلاف فشار بین وجوه رو به باد و پشت باد ساختمان می‌تواند در عرض دیوارهای داخلی و تیغه‌بندی‌ها اعمال شود. برای مثال، هنگامی‌که یک پنجره بزرگ در یک اتاق کوچک در وجه رو به باد شکسته شود، کل فشار مثبت به دیوارهای آن اتاق اعمال می‌شود. شرایط مشابهی در مورد ساختمان‌های آپارتمانی نیز می‌تواند اتفاق افتد. این اختلاف فشار در صورت وجود سیستم تهویه مکانیکی و یا اثر دودکش در ساختمان‌های بلند در زمستان تشدید می‌یابد. از سوی دیگر، خرابی زیادی در دیوارهای داخلی در اثر اختلاف فشار تجربی مشاهده نشده است و بنابراین احتمالاً نیازی به طراحی دیوارهای داخلی و تیغه‌بندی‌ها در برابر اختلاف فشار حداکثر محتمل نمی‌باشد. اختلاف فشار حداقل ۰٫۲۵ کیلو نیوتن بر مترمربع در نظر گرفته می‌شود و یک مقدار ۰٫۵ کیلو نیوتن بر مترمربع یا بیشتر برای حالتی‌که فشار باد خارجی به دیوارهای داخلی به واسطه بازشوهای بزرگ انتقال می‌یابد الزامی است.

۶-۱۰-۷-۲ سقف‌های غشایی محافظت شده

در مورد یک سقف غشایی محافظت شده که در آن عایق ضد آب به عایق حرارتی نچسبیده است فشار بلندشدگی در عایق برابر با بلندشدگی کل سیستم به دلیل نفوذ هوا و فشار جزئی متعادل شده بین لایهٔ بیرونی و داخلی، نمی‌باشد. بنابراین فشار خارجی یا بلندشدگی در اثر باد به غشاها اعمال می‌شود که به صورت یک مانع هوا بین داخل و خارج عمل کرده و از تعادل فشار جلوگیری می‌کند.

۶-۱۰-۷-۳ پارکینگ‌های طبقاتی مجزا

برای پارکینگ‌های طبقاتی باز، سطوح خارجی در معرض باد در مقایسه با پارکینگ‌های طبقاتی بسته کاهش می‌یابد. به هر حال قسمت‌های داخلی سازه و خودروهای پارک شده تحت اثر نیروهای باد اضافی قرار خواهند گرفت در صورتی‌که به پارکینگ‌های بسته اعمال نمی‌گردد.

۶-۱۰-۷-۴ اعضای قاب‌های سازه‌ای، سازه‌های گرد

برای تعیین بارهای باد بر روی سازه‌های گرد مانند دودکش‌ها، پوسته‌ها و قاب‌های سازه‌ای، خرپاها و شبکه‌های ساخته شده از چنین پوسته‌هایی به راهنمای این مبحث مراجعه گردد. دراعضای قابی شکل که پشت به پشت یکدیگر در جهت باد قرار می‌گیرند اثر پوششی باید درنظر گرفته شود.

با توجه به اهمیت محاسبه بار باد در این نوع سازه ها، متن اصلی آیین نامه منبع در ادامه قرار داده شده است.

۶-۱۰-۷-۵ بار باد افزایش یافته در اثر یخ زدگی

در مکان‌هایی که بادهای قوی می‌وزد و یخ زدگی بطور همزمان وجود دارد، نیروهای موثر بر اعضای سازه‌ای، کابل‌ها و طناب‌ها باید با فرض یک پوشش یخی براساس آب و هوا و تجربه محلی تعیین شود. برای شرایط یخزدگی، مقادیرمعلوم C_f در شکلهای ۶-۱۰-۹ برای کابل‌های سیمی ضخیم با سطح ناهموار باید استفاده شود.

$\frac{l}{d} > ۱۰۰$ (A)

کل نیرو $F = C_f.q.C_g.C_e.A_l w$

ضریب فشار $= C_f$

$A = d.l$

	$d\sqrt{qC_e}$	
	$< ۰٫۱۶۷$	$> ۰٫۱۶۷$
سیم‌ها، میله‌ها و لوله‌های صاف	۱٫۲	۰٫۵
سیم‌ها، میله‌ها با زبری متوسط	۱٫۲	۰٫۷
کابل سیمی نازک	۱٫۲	۰٫۹
کابل سیمی کلفت	۱٫۳	۱٫۱

شکل ۶-۱۰-۹ تیر برق، میله‌ها و سیم‌ها و کابل‌ها

۶-۱۰-۷-۶ اثرات ریزش گردبادی

سازه‌های استوانه‌ای لاغر مانند دودکش‌ها، برج‌ها و در بعضی موارد ساختمان‌های بلند باید برای مقابله با اثر دینامیکی ریزش گردبادی طراحی شوند. دراین بخش سازه‌ای لاغر محسوب می‌شود که نسبت ارتفاع به عرض آن بیش از ۵ باشد. زمانی‌که باد درعرض سازه‌های منشوری و استوانه‌ای می‌وزد، گردبادهایی بطور متناوب در دو طرف پشت سازه و در طول (مانند حرکت یک شناور در دریا) تشکیل می‌شود و باعث ایجاد نوسان در سازه می‌شود و متعاقباً افزایش نیروی نوسانی در جهت عمود بر باد می‌گردد. سرعت باد V_{Hc} در بالای سازه هنگامی‌که فرکانس ریزش گردبادی برابر با فرکانس طبیعی سازه f_n شد برابر می‌شود با

$$V_{Hc} = \frac{۱}{S} f_n D \qquad (۶-۱۰-۹)$$

V_{Hc}= سرعت متوسط بحرانی باد در بالای ساختمان بر حسب متر برثانیه دراثر ریزش گردبادی

S = عدد استروهال که بستگی به شکل سازه دارد

D = عرض یا قطر بر حسب متر

f_n = فرکانس بر حسب هرتز

برای حالت استوانه‌ای یا نزدیک به آن عدد استروهال تقریبا ۰٫۱۶۷ برای سازه‌های با قطر کوچک مانند دودکش‌ها و ۰٫۲ برای سازه‌های با قطر بزرگ مانند برج‌های دیده‌بانی یا ساختمان می‌باشد. برای سازه‌های غیراستوانه‌ای عدد استروهال تقریباً برابر با ۰٫۱۳۴ در نظر گرفته می‌شود. آزمایش‌های تونل باد برای اعضای غیر استوانه‌ای ضروری است.

Structural Members and Frames, and Rounded Structures

62. Although the NBC deals primarily with building structures, the present Commentary has a long tradition of providing guidance on determining the wind load on various other structures. Figures I-22 and I-24 to I-33 at the end of the Commentary, which are derived from Standard No. 160 produced by the Swiss Association of Engineers and Architects Standards (SIA),[22] provide such guidance. The Figures are based on wind-tunnel experiments in which the correct velocity profile and wind turbulence were not simulated; they should therefore be regarded with caution. Note that many of these Figures provide formulae for the total wind load rather than the wind pressure as given by the NBC, and hence use a force coefficient rather than a pressure coefficient. The exposure and gust effect factors required in the Figures to calculate the wind load can be determined by using either the Static Procedure, the Dynamic Procedure, or Vortex Shedding of rounded structures described in this Commentary, as deemed appropriate.

63. Wind loads on standalone structural members, and frames, trusses and lattices made of such members can be calculated using Figures I-29 to I-33. The subscript ∞ in these Figures indicates that the coefficients apply to structural members of infinite lengths. The coefficients are multiplied by a reduction factor, k, for structural members of finite lengths. If a structural member cantilevers from a large plate or wall, k should be calculated for a slenderness based on twice the actual length. If a member terminates with both ends in large plates or walls, the reduction factors for infinite length should be used.

64. For framing members that are located behind each other in the direction of the wind, the shielding effect may be taken into account. The shielded parts of the leeward members should be designed with the reduced pressure, q_x, according to Figure I-31. A detailed discussion of the loads on unclad building frameworks is given in Reference [23].

65. As the shape of a structure may change during erection, the wind loads may be temporarily more critical during erection than after completion of the structure.[24] These increased wind loads should be taken into account using the appropriate coefficients from Figures I-7 to I-15 and I-22 to I-33.

66. For constructions made of circular sections with $D\sqrt{qC_e} < 0.167$ and $A_s/A > 0.3$, the shielding factors can be taken by approximation from Figure I-28. If $D\sqrt{qC_e} \geq 0.167$, the shielding effect is small and for a solidity ratio $A_s/A \leq 0.3$, it can be taken into account by a constant shielding factor $k_x = 0.95$.

67. For rounded structures (in contrast to sharp-edged structures), the cross-wind pressures vary with the wind velocity and depend strongly on the Reynolds Number. Pressure coefficients for some rounded structures are given in Figures I-24, I-25, I-28 and I-33, in which the Reynolds Number is expressed differently from the conventional one, by $D\sqrt{qC_e}$, where D is the diameter of the sphere or cylinder in m and q is the velocity pressure in kPa. To convert to the conventional Reynolds Number, multiply $D\sqrt{qC_e}$ by 2.7×10^6.

68. The roughness of rounded structures may be of considerable importance. With reference to Figure I-24, metal, concrete, timber and well-laid masonry without parging can be considered as having a "moderately smooth" surface. Surfaces with ribs projecting more than 2% of the diameter are considered "very rough." In case of doubt, coefficients that result in the greater forces should be used. For cylindrical and spherical objects with substantial stiffening ribs, supports and attached structural members, the pressure coefficients depend on the type, location and relative magnitude of these roughnesses. For vortex shedding of circular cylinders, see Reference [25].

Figures

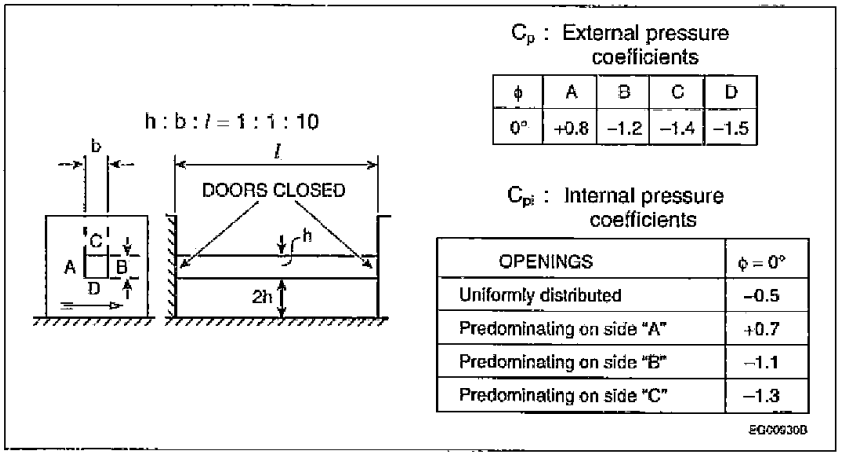
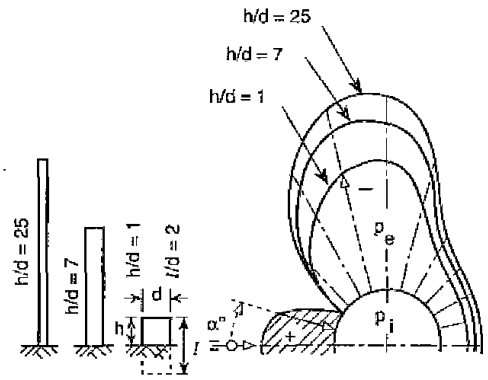


Figure I-22
Closed passage between large walls

TOTAL FORCE $F = C_f \cdot q \cdot C_g \cdot C_e \cdot A$, where $A = d \cdot h$



C_f : FORCE COEFFICIENT FOR $d\sqrt{qC_e} > 0.167$

Slenderness h/d = →	25	7	1
Cross section and roughness	C_f	C_f	C_f
Moderately smooth, (metal, timber, concrete)	0.7	0.6	0.5
Rough surface (rounded ribs h = 2%d)	0.9	0.8	0.7
Very rough surface (sharp ribs h = 6%d)	1.2	1.0	0.8
Smooth and rough surface sharp edges	1.4	1.2	1.0

C_p : EXTERNAL PRESS. COEFF. FOR $d\sqrt{qC_e} > 0.167$ and moderately smooth surface

h/d	l/d	α=	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
25	50	C_p	+1.0	+0.8	+0.1	−0.9	−1.9	−2.5	−2.6	−1.9	−0.9	−0.7	−0.6	−0.6	−0.6
7	14	C_p	+1.0	+0.8	+0.1	−0.8	−1.7	−1.6	−2.2	−1.7	−0.8	−0.6	−0.5	−0.5	−0.5
1	2	C_p	+1.0	+0.8	+0.1	−0.7	−1.2	−1.6	−1.7	−1.2	−0.7	−0.5	−0.4	−0.4	−0.4

$\Delta p = p_i - p_e$ $\quad p_i = C_{pi} \cdot q \cdot C_g \cdot C_e$ $\quad p_e = C_p \cdot q \cdot C_g \cdot C_e$

Stack fully operating $C_{pi} = +0.1$; Stack throttled $C_{pi} = -0.8$

EG00932B

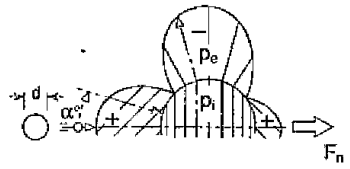
Figure I-24
Cylinders, chimneys and tanks

TOTAL FORCE $F = C_f \cdot q \cdot C_g \cdot C_e \cdot A$; $A = \frac{\pi d^2}{4}$

for $d\sqrt{qC_e} > 0.8$ and moderately smooth surface

C_f : FORCE COEFFICIENT

$C_f = 0.2$



$p = p_i - p_e$ $\quad p_i$ for closed tanks = working pressure

$p_e = C_p \cdot q \cdot C_g \cdot C_e$

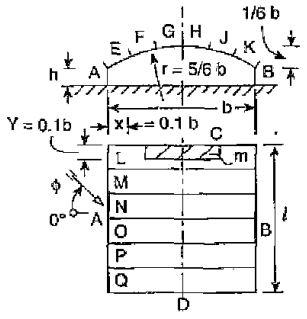
C_p : EXTERNAL PRESS. COEFF. FOR $d\sqrt{qC_e} > 0.8$ and moderately smooth surface

α=	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
C_p	+1.0	+0.9	+0.5	−0.1	−0.7	−1.1	−1.2	−1.0	−0.6	−0.2	+0.1	+0.3	+0.4

EG00933B

Figure I-25
Spheres

RAD. r = 5/6 b h:b:l = 1:12:12



Hatched Area to Scale

C_p : EXTERNAL PRESSURE COEFFICIENTS

ϕ	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
0°	+0.7	−0.2	−0.3	−0.3	−0.1	−0.5	−0.8	−0.8	−0.4	−0.1
30°	+0.6	−0.3	+0.2	−0.4	−0.1	−0.4	−0.7	−0.9	−0.7	−0.4

ϕ	A	B	C	D	L	M	N	O	P	Q
90°	−0.3	−0.3	+0.9	−0.3	−0.8	−0.7	−0.5	−0.3	−0.1	−0.1
30°	Section "m" $C_p^* = -1.8$ with C_p^* min. = −2.5									

C_{pi} : INTERNAL PRESSURE COEFFICIENTS

OPENINGS	ϕ = 0°	ϕ = 30°	ϕ = 90°
Uniformly distributed	±0.2	±0.2	±0.2
Window Y open on side "A"	+0.4	+0.7	−1.0
All doors open on side "C"	−0.1	+0.6	+0.8
Only door X open on side "C"	−1.5	+0.7	+0.4

EG00934B

Figure I-26
Hangar, curved roof with moderately smooth surface

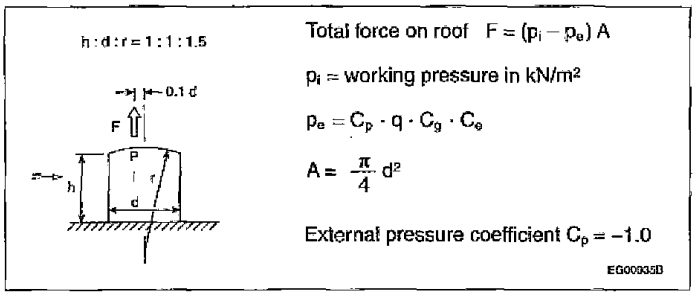
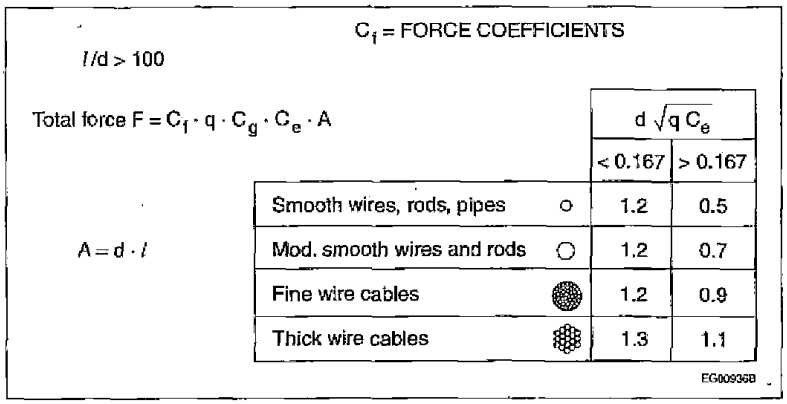
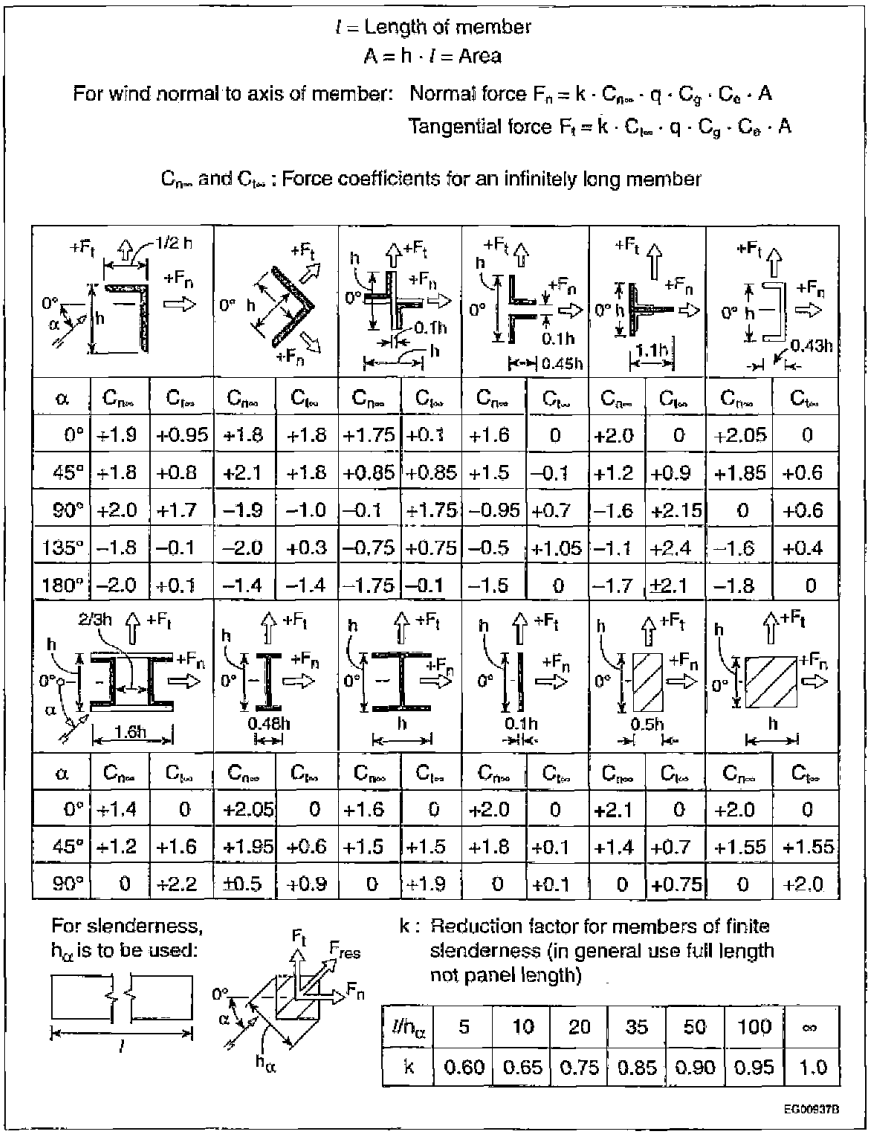


Figure I-27
Roof load on smooth closed tank



		d √(q C_e) < 0.167	d √(q C_e) > 0.167
Smooth wires, rods, pipes	○	1.2	0.5
Mod. smooth wires and rods	○	1.2	0.7
Fine wire cables	⊛	1.2	0.9
Thick wire cables	⊛	1.3	1.1

Figure I-28
Poles, rods and wires



α	C_n∞	C_t∞	C_n∞	C_t∞	C_n∞	C_t∞	C_n∞	C_t∞	C_n∞	C_t∞	C_n∞	C_t∞
0°	+1.9	+0.95	+1.8	+1.8	+1.75	+0.1	+1.6	0	+2.0	0	+2.05	0
45°	+1.8	+0.8	+2.1	+1.8	+0.85	+0.85	+1.5	−0.1	+1.2	+0.9	+1.85	+0.6
90°	+2.0	+1.7	−1.9	−1.0	−0.1	+1.75	−0.95	+0.7	−1.6	+2.15	0	+0.6
135°	−1.8	−0.1	−2.0	+0.3	−0.75	+0.75	−0.5	+1.05	−1.1	+2.4	−1.6	+0.4
180°	−2.0	+0.1	−1.4	−1.4	−1.75	−0.1	−1.5	0	−1.7	±2.1	−1.8	0

α	C_n∞	C_t∞	C_n∞	C_t∞	C_n∞	C_t∞	C_n∞	C_t∞	C_n∞	C_t∞	C_n∞	C_t∞
0°	+1.4	0	+2.05	0	+1.6	0	+2.0	0	+2.1	0	+2.0	0
45°	+1.2	+1.6	+1.95	+0.6	+1.5	+1.5	+1.8	+0.1	+1.4	+0.7	+1.55	+1.55
90°	0	+2.2	±0.5	+0.9	0	+1.9	0	+0.1	0	+0.75	0	+2.0

l/h_α	5	10	20	35	50	100	∞
k	0.60	0.65	0.75	0.85	0.90	0.95	1.0

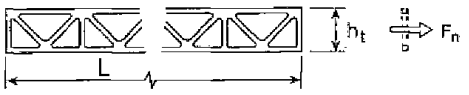
Figure I-29
Structural members, single and assembled sections

A_s = Section area

$A = h_t \cdot L$

A_s / A = Solidity ratio

For wind normal to surface A : Normal force $F_n = k \cdot C_{n\infty} \cdot q \cdot C_g \cdot C_e \cdot A_s$



$C_{n\infty}$: Force coeff. for an infinitely long truss, $0 \le A_s/A \le 1$

A_s/A	0	0.1	0.15	0.2	0.3 to 0.8	0.95	1.0
$C_{n\infty}$	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.8	2.0

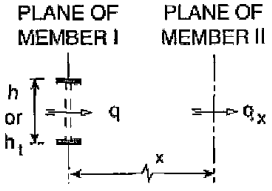
k : Reduction factor for trusses of finite length and slenderness

L/h_t \ A_s/A	0.25	0.5	0.9	0.95	1.0
5	0.96	0.91	0.87	0.77	0.60
20	0.98	0.97	0.94	0.89	0.75
50	0.99	0.98	0.97	0.95	0.90
∞	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

EG00938B

Figure I-30
Plane trusses made from sharp-edged sections

k_x SHIELDING FACTOR



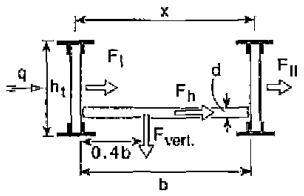
$q_x = k_x \cdot q$

A_s/A \ x/h	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
0.5	0.93	0.75	0.56	0.38	0.19	0	0	0
1	0.99	0.81	0.65	0.48	0.32	0.15	0.15	0.15
2	1.00	0.87	0.73	0.59	0.44	0.30	0.30	0.30
4	1.00	0.90	0.78	0.65	0.52	0.40	0.40	0.40
6	1.00	0.93	0.83	0.72	0.61	0.50	0.50	0.50

EG00939B

Figure I-31
Shielding factors

CASE I WITHOUT VEHICLES



L_B = Length of bridge

k, $C_{n\infty}$, A_s, k_x (1)

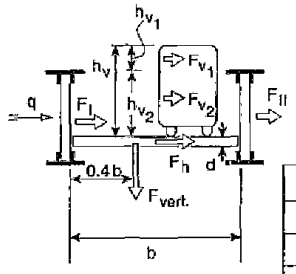
Windward girder $F_I = kC_{n\infty} \cdot q \cdot C_g \cdot C_e \cdot A_s$

Leeward girder $F_{II} = kC_{n\infty} \cdot k_x q \cdot C_g \cdot C_e \cdot A_s$

Deck horiz. load $F_h = 1.0 \cdot q \cdot C_g \cdot C_e \cdot L_B$

Deck vert. load $F_{vert.} = 0.6 \cdot q \cdot C_g \cdot C_e \cdot b \cdot L_B$

CASE II WITH VEHICLES



L_v = Length of vehicle; $A_1 = h_{v_1} \cdot L_v$

$A_2 = h_{v_2} \cdot L_v$

Windward girder $F_I = kC_{n\infty} \cdot q \cdot C_g \cdot C_e \cdot A_s$

Leeward girder $F_{II} = kC_{n\infty} \cdot k_x q \cdot C_g \cdot C_e \cdot A_s$

Deck horiz. load $F_h = 1.2 \cdot q \cdot C_g \cdot C_e \cdot d \cdot L_B$

Deck vert. load $F_{vert.} = 0.8 \cdot q \cdot C_g \cdot C_e \cdot b \cdot L_B$

Traffic load $F_{v_1} = C_n q \cdot C_g \cdot C_e \cdot A_1$

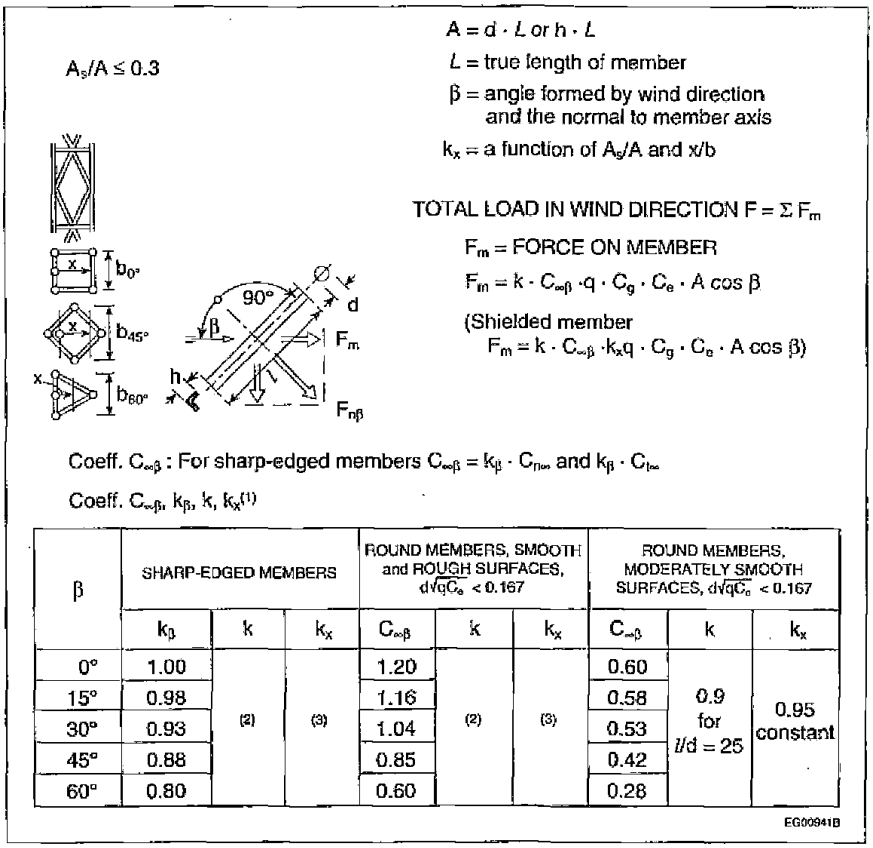
$F_{v_2} = C_n \cdot 2/3\, q \cdot C_g \cdot C_e \cdot A_2$

Height and force coefficients	h_v	C_n
Railway vehicle	3.8 m	1.5
Highway vehicle	3.0 m	1.2
Pedestrian	1.7 m	1.0

EG00940B

Figure I-32
Truss and plate girder bridges

Note to Figure I-32:
(1) The values for these coefficients are taken from Figures I-29 and I-30.



β	SHARP-EDGED MEMBERS			ROUND MEMBERS, SMOOTH and ROUGH SURFACES, $d\sqrt{qC_e} < 0.167$			ROUND MEMBERS, MODERATELY SMOOTH SURFACES, $d\sqrt{qC_e} < 0.167$		
	k_β	k	k_x	$C_{\infty\beta}$	k	k_x	$C_{\infty\beta}$	k	k_x
0°	1.00	(2)	(3)	1.20	(2)	(3)	0.60	0.9 for $l/d = 25$	0.95 constant
15°	0.98			1.16			0.58		
30°	0.93			1.04			0.53		
45°	0.88			0.85			0.42		
60°	0.80			0.60			0.26		

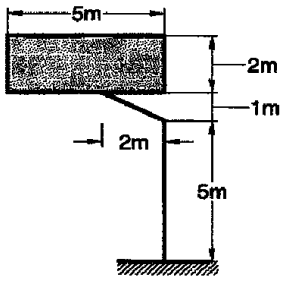
EG00941B

Figure I-33
Three-dimensional trusses

Notes to Figure I-33:
(1) See Figure I-29 for $C_{n\infty}$ and $C_{t\infty}$ values.
(2) See Figure I-29.
(3) See Figure I-31.

محاسبات ۸۹

۲- تابلوی مقابل در شهر تهران در یک منطقه شهری قرار دارد. مقدار لنگر خمشی (M) و لنگر پیچشی (T) در تراز شالوده (برحسب kN.m) به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟



۱) T= 30 M =84
۲) T= 60 M =84
۳) T= 30 M =72
۴) T= 60 M =72

۶-۱۲ بار انفجار

۶-۱۲-۱ حدود کاربرد

برای سازه‌ها و ساختمان‌های با گروه خطرپذیری یک طبق جدول ۶-۱-۱، و سایر سازه‌ها در صورت درخواست کارفرما، در نظر گرفتن بارهای ناشی از انفجار ضروری است.

۶-۱۲-۲ بار بر پوسته ساختمان

پوسته ساختمان‌هایی که برای آن‌ها بارهای ناشی از انفجار باید در نظر گرفته شود باید برای فشار وارد از خارج به داخل و یا از داخل به خارج برابر ۲ کیلونیوتن بر مترمربع طرح شوند. برای در نظر گرفتن اثر این بار، از ترکیب بار ظرفیت بند ۶-۲-۴-۲ با جایگزینی فشار ناشی از انفجار برای A_k استفاده شود. ظرفیت اعضای سازه و مقاومت مصالح را می‌توان براساس مبحث ۲۱ افزایش داد. ضریب اهمیت به کار رفته برای بارهای ناشی از انفجار مشابه ضریب اهمیت بار زلزله (جدول ۶-۱-۲) خواهد بود.

۶-۱۲-۳ ظرفیت باقی مانده

در مورد سازه‌هایی که برای آن‌ها بارهای ناشی از انفجار در نظر گرفته می‌شود، لازم است ظرفیت باقی‌مانده باربری سازه و اعضای آن پس از حذف عضوی از آن، طبق بند ۶-۲-۴-۳، بررسی شود. در این بررسی لازم است پایداری کلی سازه و اعضای آن با لحاظ اثرات مرتبه دوم، طبق بند ۶-۲-۴-۴، ارزیابی شود. مقاومت مصالح را می‌توان طبق مبحث ۲۱ افزایش داد.